Deutscher Bundestag **Drucksache 15/1371**
15. Wahlperiode 03. 07. 2003

Bericht

des Ausschusses für Bildung, Forschung und Technikfolgenabschätzung (19. Ausschuss) gemäß § 56a der Geschäftsordnung

Technikfolgenabschätzung

hier: Monitoring – „Militärische Nutzung des Weltraums und Möglichkeiten der Rüstungskontrolle im Weltraum“

Inhaltsverzeichnis

Vorwort des Ausschusses

Seit Anfang der 1990er-Jahre vermehren sich Anzeichen, dass aufgrund technologischer Neu- und Weiterentwicklungen die militärische Bedeutung der Weltraumnutzung anwächst. Derzeit erfüllen etwa 170 rein militärische Satelliten Funktionen wie Aufklärung, Frühwarnung, Kommunikation und Steuerung, im Bedarfsfall kann zudem auf zivile Satelliten zurückgegriffen werden. Die Weltraumnutzung hat sich so zu einem Element moderner Kriegsführung entwickelt. Zudem könnte in der näheren Zukunft durch die Stationierung – im Weltraum basierter oder in diesen hineinwirkender – neuer Waffensysteme ein Wettrüsten eingeleitet werden.

Vor dem Hintergrund dieser Entwicklungen beantragte der Unterausschuss für Abrüstung, Rüstungskontrolle und Nichtverbreitung, das Thema „Militärische Nutzung des Weltraums und Möglichkeiten der Rüstungskontrolle im Weltraum“ durch das Büro für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag (TAB) bearbeiten zu lassen. Der Ausschuss für Bildung, Forschung und Technikfolgenabschätzung hat diesem Wunsch entsprochen und damit der zunehmenden Bedeutung des Themenfeldes auch für die Außen- und Sicherheitspolitik Deutschlands Rechnung getragen. Die Untersuchung wurde im Rahmen des kontinuierlichen Monitoring „Neue Technologien und Rüstungskontrolle“ durchgeführt.

Der hiermit vorgelegte Sachstandsbericht des TAB behandelt am Beispiel der Weltraumrüstung das Wechselspiel zwischen technologischer Dynamik und politischen sowie militärischen Zielen und Leitbildern. Er analysiert aus Sicht der Rüstungskontrollpolitik die Möglichkeiten, solche Entwicklungen zu stoppen oder einzugrenzen, die sich zu einer Gefahr für die Sicherheit und Stabilität des internationalen Staatensystems auswachsen könnten. Der Bericht zeigt die Veränderungen in der Sicherheitspolitik sowie den Strategien und Doktrinen der USA (als führender Weltraummacht), analysiert Stand und Entwicklungsperspektiven der technologischen Basis der militärischen Weltraumnutzung und diskutiert im Lichte der erkennbaren und zukünftig zu erwartenden Entwicklungen die Grenzen und Möglichkeiten rüstungskontrollpolitischer Aktivitäten.

Der Deutsche Bundestag erhält mit diesem Bericht einen aktuellen und gut strukturierten Überblick über technologische Entwicklungen und Trends der militärischen Nutzung des Weltraums, den Stand der militärischen, sicherheits- und rüstungskontrollpolitischen sowie weltraumrechtlichen Diskussion.

Berlin, 19. Juni 2003

Der Ausschuss für Bildung, Forschung und Technikfolgenabschätzung

Ulrike Flach, MdB
Ausschussvorsitzende, Berichterstatterin

Axel Fischer, MdB
Berichterstatter

Ulla Burchardt, MdB
Stellvertretende Vorsitzende, Berichterstatterin

Hans-Josef Fell, MdB
Berichterstatter

Zusammenfassung

Schon lange ist der Weltraum Einsatzort für militärische Systeme. Etwa 170 rein militärische Satelliten kreisen um die Erde und erfüllen für die Streitkräfte Funktionen wie Aufklärung, Frühwarnung, Kommunikation und Steuerung. Jetzt zeichnet sich das Überschreiten einer Schwelle bei der militärischen Weltraumnutzung ab: Zukünftig könnten Waffensysteme zur Einsatzreife weiterentwickelt werden, deren Stationierung auf der Erde oder im All eine Spirale des Wettrüstens einleiten könnte.

Auf Initiative des Unterausschusses für Abrüstung, Rüstungskontrolle und Nichtverbreitung behandelt dieser Bericht des TAB am Beispiel der Weltraumrüstung das Wechselspiel zwischen technologischer Dynamik und politischen sowie militärischen Zielen und Leitbildern. Er analysiert aus Sicht der Rüstungskontrollpolitik die Möglichkeiten, solche Entwicklungen zu stoppen oder einzugrenzen, die sich zu einer Gefahr für die Sicherheit und Stabilität des internationalen Staatensystems auswachsen könnten.

Dynamik der Technologie, Herausforderung der Rüstungskontrolle

Die hohe Relevanz der Technik für die Sicherheitspolitik und die Rolle moderner Streitkräfte ist unbestritten: Neue Technologien ermöglichen die Qualitätssteigerung und Kampfkraftverstärkung von Waffensystemen und eröffnen für Politik und Streitkräfte neuartige Handlungsoptionen. Es ist zu erwarten, dass die Nutzung verbesserter und erweiterter technologischer Optionen auch in den nächsten Jahren entscheidende Auswirkungen auf die Rolle und Handlungsmöglichkeiten der Streitkräfte, die Stabilität des Staatensystems sowie letztlich auf die Kriegsführung haben wird.

Rüstungskontrollpolitik ist mit diesen neuen Herausforderungen konfrontiert und muss sich den strukturellen Veränderungen des internationalen Systems, aber auch der technologischen Dynamik des Informationszeitalters stellen. Auf der Agenda einer vorbeugenden Rüstungskontrollpolitik sollten – auch unter den veränderten sicherheitspolitischen Rahmenbedingungen – so früh wie möglich die Beurteilung und Gestaltung militärrelevanter Forschung, Entwicklung und Erprobung sowie ihrer Folgen stehen.

Dies gilt auch für die wissenschaftlichen und technischen Entwicklungen im Bereich der militärischen Weltraumnutzung. Nicht zuletzt aufgrund neuer technischer Möglichkeiten wird dem Weltraum aus Sicht der militärischen Planer, aber auch der Sicherheitspolitik der militärisch führenden Nationen zunehmend eine Schlüsselfunktion zugeschrieben. Weltweit wachsen die Ausgaben für militärische Forschung und Entwicklung bei Konzepten, Technologien und Systemen. In Strategien, Doktrinen und Planungen wird die Nutzung des Weltraums für die Belange der Sicherheit zu einem zentralen Element. Die USA sind der wichtigste Treiber dieser Entwicklung. Der Weltraum wird dort zunehmend als eine zentrale zivile und militärische Ressource mit höchster Priorität eingeschätzt. Seine militärische Nutzung eröffnet zahlreiche, in der Wahrnehmung von Militär und Politik attraktive Optionen zur Gewinnung und Sicherung der Informationshoheit, zur Prävention, zur Abschreckung und zur Kriegsführung.

Bei den genannten Entwicklungen stehen in besonderem Maße solche im Blickpunkt, die einen Übergang von einer eher passiven Nutzung des Weltraums – durch Systeme der Aufklärung, Kommunikation und Steuerung – zu einer „weaponization“ des Alls bedeuten: Damit ist vor allem die Option der Stationierung von Waffensystemen zum Einsatz in den, im und aus dem Weltraum angesprochen. Aus rüstungskontrollpolitischer Sicht ist diese Tendenz problematisch, zeigt sich doch, dass das bestehende weltraumrechtliche Instrumentarium und die vorliegenden Rüstungskontrollvereinbarungen nicht geeignet sind, eine weitere Militarisierung des Weltraums zu bremsen, geschweige denn zu verhindern.

Bedrohungen und Fähigkeiten: die Doktrin der „space control“

Seit Beendigung der Blockkonfrontation und des kalten Krieges stellt sich für die westliche Sicherheitspolitik die Bedrohungslage entscheidend anders dar. Sorgen bereitet nicht mehr eine massive Bedrohung durch einen klar erkennbaren Konkurrenten, sondern eine Ansammlung diffuser und schwer vorhersagbarer Risiken. Als mögliche zukünftige Krisen und Konflikte gelten ethnisch-politische und Ressourcenkonflikte in bestimmten Regionen, die Drohung mit und der Einsatz von Massenvernichtungswaffen durch staatliche und substaatliche Akteure sowie die Gefahr des internationalen Terrorismus, die seit dem 11. September 2001 die sicherheitspolitischen Debatten stark prägt. Bedrohungen gehen nach Meinung der Experten auch von so genannten Informationsoperationen („cyber war“) aus. Hervorgehoben als Bedrohung wird ferner die Proliferation von Raketen, anderen Trägersystemen und Satelliten. Der amerikanische Verteidigungsminister Donald Rumsfeld nannte Anfang 2001 „Raketen, Terrorismus und Informationskriegsführung“ in einem Zusammenhang.

Als einzige verbliebene Supermacht sehen sich die USA in besonderem Maße sowohl mit diesen Risiken konfrontiert als auch herausgefordert, auf allen Ebenen hierauf zu reagieren. Sie geben deshalb durch ihre neuen sicherheitspolitischen Konzepte und Ziele sowie ihr Handeln Inhalte und Tempo neuer Entwicklungen vor, mit denen sich die anderen Staaten konfrontiert sehen.

Seit etwa Mitte der 1990er-Jahre rückt in den strategischen Schlüsseldokumenten der USA der Weltraum zunehmend in den Blickpunkt des Diskurses über militärische Bedrohungen und Fähigkeiten. Als „area of responsibility“ stellt sich der Weltraum bereits jetzt als eine durch feindlich gesonnene Akteure gefährdete und verwundbare zivile und militärische Ressource dar. Der Weltraum repräsentiert aber zugleich ein Medium, das interessante militärische Möglichkeiten eröffnet, Schutzmaßnahmen zu ergreifen, Abschreckung zu realisieren, die weltweite Informationshoheit (information superiority) und die militärische Überlegenheit im und durch den Weltraum zu gewinnen.

Der Bericht der von der Regierung eingesetzten „Space Commission“ kam 2001 als Resultat aus seiner Bedrohungsanalyse („threat assessment“) zu folgenden Einschätzungen:

– Die Vereinigten Staaten sind stärker als jedes andere Land von der Nutzung des Weltraums abhängig. Zugleich sind ihre Weltraumsysteme verwundbar.

– Länder, die gegenüber den USA feindselig eingestellt sind, besitzen oder beschaffen die Mittel, um US-Weltraumsysteme zu stören (disrupt) oder zu zerstören.

– Die USA bilden deshalb ein attraktives Ziel für ein „Space Pearl Harbor“.

Eng verklammert mit der Thematik der militärischen Bedeutung des Weltraums ist die Abwehr angreifender ballistischer Raketen. Zwar hat sich die Zahl der Staaten mit Raketen größerer Reichweite bzw. entsprechenden Programmen in den letzten 20 Jahren nicht entscheidend verändert. In den Blickpunkt gerückt sind aber „Besorgnis erregende“ Staaten wie Nordkorea, Iran und Irak. Nicht zuletzt ihretwegen hat sich die Einschätzung der US-amerikanischen Politik dahin gehend entwickelt, dass eine Bedrohung der USA und ihrer Bürger zukünftig möglich sowie der US-Truppen und -Interessen in Übersee (sowie ihrer Alliierten und Freunde) durch ballistische Raketen bereits jetzt gegeben sei. Die Ereignisse des 11. September 2001 werden in offiziellen Stellungnahmen nicht als Beleg dafür gesehen, dass insbesondere die Bedrohung des internationalen Terrorismus nicht mit Raketenabwehrsystemen zu bannen ist. Im Gegenteil: Zusammen mit einem reduzierten offensiven Nuklearpotenzial und verbesserten konventionellen Fähigkeiten bildet „missile defense“ nunmehr einen integralen Bestandteil einer neuen Triade für die Abschreckung und die Anwendung von Gewalt, falls die Abschreckung versagt.

Bereits 2001 hatte eine hochrangige Kommission unter Leitung des jetzigen Verteidigungsministers Donald Rumsfeld die nationalen Sicherheitsinteressen der USA im Weltraum in die „nationalen Topprioritäten“ eingeordnet und empfohlen, dass die USA die Mittel entwickeln müsse, um feindliche Angriffe in und aus dem Weltraum abzuschrecken oder sich dagegen verteidigen zu können („space control“). Zu diesen Mitteln gehörten auch im Weltraum stationierte Waffen. Pläne und Aussagen der Bush-Administration knüpfen hier an und lassen ein verstärktes Interesse an der militärischen Nutzung des Weltraums erkennen. „Space superiority“ zu erreichen gilt sowohl als Ziel wie auch als Schlüsselaspekt bei der Transformation der US-Streitkräfte.

Die Diskussionen und Aktivitäten der letzten Zeit sind starke Indizien dafür, dass in den USA die Weichen für eine künftige verstärkte militärische Nutzung des Weltraums gestellt werden. Nach der Aufkündigung des ABM-Vertrages ist nunmehr Raum dafür, das Ziel der Transformation der Streitkräfte auch auf der Ebene des Weltraums zu realisieren. Deshalb werden finanzielle, technologische und organisatorische Anstrengungen unternommen, um die bestehenden Möglichkeiten und Fähigkeiten zu nutzen, auszubauen und zu schützen. Darüber hinaus sollen im nationalen Interesse die entsprechenden technologischen Fähigkeiten zur defensiven aber auch zur offensiven Nutzung des Weltraums als Medium der Kriegführung geschaffen werden: Ein hochrangiger Verantwortlicher brachte diese Neuausrichtung auf eine knappe Formel: „I believe that weapons will go into space. It’s a question of time. And we need to be at the forefront of that.“

Die Technologiebasis für militärische Schlüsselfunktionen

Aus der Sicht von Politik und Militär spielen neue Technologien die Schlüsselrolle bei der Erreichung der gewünschten Ziele und Fähigkeiten der Streitkräfte. Insbesondere die „space control capabilities“ und zunehmend die „space force application capabilities“ basieren auf der Prämisse fortgeschrittener Technologien und Systeme. Für zahlreiche militärische Einsatzbereiche wird deshalb durch verstärkte Forschungs-, Entwicklungs- und Demonstrationsaktivitäten diese Grundlage auch tatsächlich geschaffen.

Mithilfe eines Blicks in die militärische FuE-Planung der Vereinigten Staaten lässt sich ein Bild von der Förderung und Zielführung der „enabling technologies“ gewinnen. In verkürzter Form, entlang der zentralen „mission areas“ zusammengefasst, stellen sich diese Strukturen und Schwerpunkte folgendermaßen dar:

– Beim Raumtransport sind Bemühungen zur Verbesserung der Antriebstechnik festzustellen. In engem Zusammenhang damit dienen weitere Anstrengungen der Entwicklung preisgünstiger, wartungsarmer und wiederverwendbarer Transportfahrzeuge, um einen schnellen und flexiblen Transport von Nutzlasten in das All zu gewährleisten. Ein Fernziel stellt ein „Weltraumflugzeug“ dar, dessen Betrieb ähnlich funktional und situationsangepasst erfolgen kann wie der eines Flugzeugs: Konzepte eines „Transatmosphärischen Flugzeugs“ werden vorangetrieben mit dem Ziel, hierdurch über ein Mittel zum Erhalt der Überlegenheit im Weltraum sowie zur Verbesserung der globalen Präsenz durch schnelle Einsätze an jedem Ort der Welt aus dem Weltraum heraus zu verfügen.

– Zur weiteren Verbesserung von Satellitenoperationen werden Schwerpunkte bei den Antrieben und den Treibstoffen gesetzt. Ein auffälliger Trend ist die Entwicklung von Kleinsatelliten. Hoch manövrierfähige Mikrosatelliten oder Serviceroboter eröffnen neue militärische Einsatzoptionen bei der Bekämpfung fremder Satelliten.

– Satelliten und andere Systeme im Weltraum sind Unterstützungssysteme für die Steuerung weltweiter militärischer Einsätze auf der Erde und potenziell auch für die Gewaltanwendung im und aus dem Weltraum. Der Verbesserung ihrer vielfältigen Funktionen wie Frühwarnung, Aufklärung, Führung und Kommunikation oder Umweltüberwachung dienten u. a. der Aufbau globaler Satellitensysteme zur Positionsbestimmung, wie das US-amerikanische Global Positioning System, und ein Netzwerk von Antennenstationen zur Führung und Steuerung eigener Satelliten. Zur Verbesserung des Frühwarnsystems und zur Verfolgung von Flugkörpern wird an verbesserter Sensorik für Satelliten gearbeitet.

– Von größter Bedeutung sind Anstrengungen bei Forschung und Entwicklung für die Bereitstellung einsatzfähiger Waffensysteme zum Einsatz im Weltraum (wie „Killersatelliten“), aus dem Weltraum heraus (wie raumgestützte Laserwaffen oder Kinetische-Energie-Waffen zur Bekämpfung von Zielen auf der Erde) sowie in den Weltraum hinein (wie luftgestützte Laserwaffen zur Bekämpfung von Satelliten).

Waffensysteme für den Weltraum

Ein militarisierter Weltraum ist schon lange eine Tatsache. Eine ganze Armada von Satelliten für Zwecke wie Navigation, Aufklärung und Kommunikation bewegt sich mittlerweile im All. Sie erfüllen insbesondere die Aufgabe der

Kampfkraftverstärkung („force multiplier“) durch Steigerung der Effizienz von militärischen Operationen auf dem Boden, zur See und in der Luft („space force enhancement“). Die Weichen für weiter gehende Schritte sind aber in den USA gestellt: Die Fähigkeiten möglicher Kontrahenten, mittels weltraumbasierter Systeme militärisch zu agieren, sollen eingegrenzt werden („counter-space“); auch sollen eigene Fähigkeiten zur Androhung und Anwendung von Gewalt aus dem Weltraum heraus gegen terrestrische Ziele geschaffen werden. Das zukünftige Potenzial des Weltraums soll durch die Bereitstellung eines Spektrums von „force application capabilities in, from and through space“ ausgeschöpft werden.

Wie ist der augenblickliche Stand der Weltraumrüstung? Sieht man von unbestätigten Meldungen über chinesische Parasiten-Kleinstsatelliten ab, sind derzeit keine eingeführten raumgestützten Waffensysteme bekannt. Raumgestützte Laserwaffen sowie raumgestützte Flugkörper, beide zum Zwecke der Raketenabwehr, befinden sich ebenso im Forschungs- bzw. Entwicklungsstadium wie militärische Kleinsatelliten.

Technologische Kompetenzen zum Stören, eventuell auch zur Zerstörung von Satelliten vom Boden (bzw. von der Luft) aus sind bei den USA und Russland schon lange vorhanden, und die Technologien werden laufend weiterentwickelt. Auch die Volksrepublik China ist derzeit bemüht, sich diese Fähigkeiten anzueignen. Neben Laser- und Hochleistungs-Mikrowellen-Systemen gehören hierzu vor allem die Technologie-Kompetenzen der USA und Russlands in Form von luftgestützten Anti-Satelliten-Systemen.

Alle kernwaffenbesitzenden Staaten sind technologisch in der Lage, durch eine hochatmosphärische Kernwaffenexplosion Satelliten (einschließlich ihrer eigenen) in mehreren Umlaufbahnen zu schädigen. Durch weitere Proliferation von ballistischen Raketen sowie Kernwaffen könnte sich die Zahl von Staaten und substaatlichen Akteuren mit dieser Fähigkeit in den nächsten Jahren erhöhen.

Angriffe gegen das Bodensegment von Satellitensystemen (konventionell, elektronisch) bieten eine weitere Möglichkeit zu deren Störung oder Schädigung, die weit mehr denkbaren Akteuren zur Verfügung steht, da sie technologisch weniger aufwendig ist.

Neben diesen bereits jetzt vorhandenen Optionen für Waffeneinsätze im, aus dem und in den Weltraum ist in naher Zukunft auch mit zusätzlichen Optionen zu rechnen. Wie könnte die weitere Entwicklung dahin aussehen?

Betrachtet man die strategischen Überlegungen und Zielsetzungen der US-amerikanischen Planungsdokumente sowie die zur Erreichung dieser Ziele diskutierten und vorangetriebenen Technologien im Zusammenhang, lassen sich für die weiteren technischen Entwicklungen bei den diskutierten Waffen folgende Thesen formulieren und zur Diskussion stellen:

– Viel spricht dafür, dass Mikrosatelliten/Serviceroboter zum Einsatz gegen andere Satelliten ein erster Schritt zur Verwirklichung des angestrebten Ziels umfassender „space control“ sein können.
– Luftgestützte Laserwaffen gegen (taktische) ballistische Raketen werden kontinuierlich weiterentwickelt. Dies könnte ihre Eignung für den Einsatz gegen Weltraumziele so weit verbessern, dass ein luftgestützter Laser hierzu eine effiziente Option werden würde.
– Bodengestützte Kill-Vehicles zum Einsatz gegen Satelliten sind relativ weit in der Entwicklung fortgeschritten. Aufgrund weiterer FuE-Aktivitäten im Zusammenhang mit Projekten der Raketenabwehr werden diese Entwicklungen beschleunigt, sodass Anti-Satelliten-Systeme mit Kinetische-Energie-Gefechtsköpfen (KE) bald einsatzreif sein könnten.
– Bodengestützte Laserwaffen zur Störung sind bereits jetzt verfügbar. Laser zur Schädigung oder Zerstörung von Weltraumzielen sind mittelfristig zu erwartende tragfähige Einsatzoptionen.
– Bodengestützte Hochleistungs-Mikrowellen-Waffen zum Stören von Satelliten sind kurz- bis mittelfristig einsatzfähig.
– Weltraumgestützte Laserwaffen zum Abfangen von ballistischen Raketen (noch vor Brennschluss) werden zurzeit mit reduziertem Aufwand verfolgt, die Termine für Tests und Stationierung sind weit nach hinten gerückt worden.
– Weltraumgestützte KE-Konzepte gegen Interkontinentalraketen (in der Startphase) werden trotz der großen technischen Probleme, die zu lösen sind, weiter verfolgt.

Aus rüstungskontrollpolitischer Sicht ist festzuhalten, dass die hier genannten militärischen Optionen in keiner Phase ihrer Entwicklung bis einschließlich ihrer Stationierung untersagt sind.

Zahlreiche Staaten sehen in diesem potenziellen Aufwuchs militärischer Weltraumsysteme eine Gefahr für die Stabilität des internationalen Staatensystems. Vor allem durch eine weltweite Spirale von Maßnahmen und Gegenmaßnahmen, so wird befürchtet, könnte ein allgemeines Wettrüsten in Gang kommen. Dabei stellt sich die Frage, ob und wie Rüstungskontrollpolitik diesen möglichen Entwicklungen vorbeugen könnte.

Rechtlicher Rahmen und politische Konzepte der Rüstungskontrolle

Das internationale Rüstungskontrollrecht und geltende Rüstungskontrollverträge legen der militärischen Nutzung des Weltraum keine engen Fesseln an. Im Überblick lässt sich dazu Folgendes feststellen:

Verboten sind derzeit die Stationierung von Nuklear- und anderen Massenvernichtungswaffen in einer Erdumlaufbahn oder auf Himmelskörpern, die Einrichtung militärischer Stützpunkte, die Erprobung von Waffen und das Abhalten von Manövern auf den Himmelskörpern, jede nukleare Versuchsexplosion im Weltraum und der Einsatz umweltverändernder Techniken zu militärischen Zwecken mit weiträumigen, andauernden oder schwerwiegenden Umweltauswirkungen. Durch die bestehenden Vereinbarungen sind mithin zwar bestimmte Einschränkungen für die militärische Weltraumnutzung gegeben, doch bleiben erhebliche Lücken.

Erlaubt sind unter dem derzeitigen Regulierungs-Regime zumindest der Einsatz militärischen Personals für zivile Zwecke, die Stationierung und Nutzung von Satelliten zur Aufklärung, Kommunikation und Navigation für militärische Zwecke, die Stationierung und defensive Nutzung von

konventionellen Waffen, der Durchflug von Raketen sowie ASAT-Waffen, mit Ausnahme von Nuklearwaffen, die im Weltall stationiert werden. Seit der Kündigung des ABM-Vertrages sind zudem Tests und Stationierung von Raketenabwehrsystemen mit nicht nuklearen Weltraumkomponenten erlaubt. Schließlich gibt es keine Regelungen, die dem Einsatz von Weltraumwaffen enge Grenzen auferlegen.

Obwohl die große Mehrzahl der Staaten sich seit Jahren über die Gefahr eines Wettrüstens im All besorgt zeigt, ist eine Fortentwicklung des rechtlichen Regelwerks seit vielen Jahren nicht erfolgt. Dies liegt auch daran, dass aufgrund von Meinungsverschiedenheiten zwischen den USA und China die Genfer Abrüstungskonferenz (CD) seit der zweiten Hälfte der 1990er-Jahre blockiert ist. Diese Blockadesituation hat sich in letzter Zeit noch verfestigt: Während die derzeitige US-Administration betont, dass ihrer Ansicht nach das bestehende Weltraumregime ausreicht, hat China klar gemacht, dass es Verhandlungen in der CD über andere Themen – und insbesondere über ein Verbot der Produktion von spaltbarem Material für Waffenzwecke (FMCT, „Fissile Material Cut-Off") – von einer Intensivierung der Auseinandersetzung mit dem Problem einer drohenden Rüstungsspirale im Weltraum abhängig macht. Zu diesem Zweck hat China im Mai 2002 mit Russland einen gemeinsamen Vorschlag zur Weltraumrüstungsthematik in der CD vorgestellt.

Allerdings zeigen der chinesisch-russische Vorschlag und weitere Initiativen anderer Akteure in der CD auch, dass in letzter Zeit eine Abkehr von rüstungskontrollpolitischen Maximalkonzepten stattgefunden hat. Faktisch nimmt China, in Kooperation mit Russland, stärker Rücksicht auf die US-amerikanische Position, setzt also auf Kompromisslösungen. Forderungen, deren Erfüllung nicht nur die Stationierung von Waffen („weaponization") im Weltraum, sondern auch eine Raketenabwehr mit Weltraumkomponenten verhindern würde, werden durch China und Russland nicht mehr dezidiert vertreten, möglicherweise auch aufgrund der eigenen Interessen an einer Raketenabwehr. Die aktuelle chinesisch-russische Position stellt die Regulierung weltraumbasierter Waffen durch ein Stationierungsverbot in den Mittelpunkt. Nicht mehr vorgesehen ist die Regulierung von Tests im Weltraum und von terrestrischen Waffen, die in den Weltraum hinein wirken können. Es bliebe also für alle Staaten die Möglichkeit, weltraumbasierte Waffen zu entwickeln, zu testen und zur Einsatzreife zu bringen. Des Weiteren wäre die Stationierung einer Raketenabwehr mit Weltraumkomponenten möglich, vorausgesetzt diese Komponenten sind selbst keine Waffen (wie z. B. Sensoren).

Trotz dieser Anzeichen für eine Annäherung liegt eine Einigung über die Kernprobleme der Weltraumrüstungskontrolle (Stationierung von Waffen im Weltraum und ASAT-Problematik) aber noch in weiter Ferne. Derzeit geht es vor allem darum, Wege zur Überwindung der Blockadesituation zu erkunden und Regulierungsoptionen kritisch zu prüfen. Die Vielzahl möglicher und diskutierter Regulierungsansätze lässt sich grob in zwei Gruppen einteilen: die Schaffung von Verbotstatbeständen für (Weltraum-)Waffen sowie Vertrauens- und Sicherheitsbildende Maßnahmen (VSBM) für den Weltraum.

Die wichtigsten Kategorien bei der Schaffung von Verbotstatbeständen für Waffen sind weltraumbasierte Waffen und ASAT-Systeme. Ferner ist die Regulierung bestimmter Zonen des Weltraums zu nennen, bei denen z. B. ab einer gewissen Höhe Verbotstatbestände für Waffen geschaffen werden könnten.

VSBM dienen u. a. der Erhöhung der Transparenz von Weltraumaktivitäten, der Prävention von aggressiven Handlungen, der Vermeidung von Unfällen oder der Förderung der Kooperation in der zivilen Raumfahrt. Zu den VSBM für den Weltraum zählen in der Regel auch jene Konzepte, die auf eine Aufstellung von Verkehrsregeln („Rules of the Road") für diesen Bereich oder einen Regelkatalog („Code of Conduct") für Weltraumaktivitäten zielen. Schließlich existieren weitere Handlungsmöglichkeiten, wie z. B. einseitige Verzichtserklärungen einzelner oder mehrerer Staaten in Bezug auf Weltraumwaffen. Maßnahmen wie diese hätten das Ziel, das Thema Weltraumrüstung dauerhaft auf die politische Agenda zu setzen und damit den augenblicklichen Stillstand zu überwinden.

Rüstungskontrolle für den Weltraum – eine „mission impossible"?

Angesichts der verhärteten Fronten zwischen den USA und den anderen Akteuren mag es als utopisch erscheinen, rüstungskontrollpolitische Handlungsperspektiven für den Weltraum hinsichtlich ihrer Vor- und Nachteile zu diskutieren. Andererseits weiß man aus Erfahrung, dass sich politische Rahmenbedingungen national wie international ständig wandeln. Die Bemühungen um zunächst kleine Fortschritte sollten deshalb fortgesetzt werden.

Aus einer pragmatischen Perspektive stellen sich die Realisierungschancen und die erreichbaren Ziele etwa folgendermaßen dar:

– Orientiert man sich in der augenblicklichen Situation an der Priorität, die bestehende Blockade aufzulösen und Bewegung in die festgefahrenen Positionen zu bringen, bietet sich die Option an, einen Gesprächs- oder Verhandlungsprozess ohne die USA (und andere verhandlungsunwillige Staaten) zu initiieren. Dieser Prozess ließe sich außerhalb der CD ansiedeln, unter Einbeziehung zivilgesellschaftlicher Akteure (wie in diesem Bereich aktiver NGOs). Blieben die USA und andere Staaten bei Verhandlungen außen vor, dürfte eine weit reichende Einigung tatsächlich leichter fallen. Sie wäre dann aber auch rüstungskontrollpolitisch von geringerer Bedeutung als eine Vereinbarung unter Beteiligung aller wichtigen Weltraummächte. Somit ist ein solcher Prozess nur dann erstrebenswert, wenn die begründete Hoffnung besteht, dass die USA (und andere eventuell verhandlungsunwillige Staaten) in dessen Verlauf oder nach Abschluss der Verhandlungen integriert werden.

– Eine zweite Option hätte zum Ziel, den Stillstand dadurch zu überwinden, dass ein Gesprächs- oder Verhandlungsprozess lediglich zu VSBM initiiert würde. Da die USA in dieser Hinsicht ihre Bereitschaft zu Gesprächen signalisiert haben, hätte diese Vorgehensweise den Vorteil, dass der entscheidende Akteur mit im Boot wäre. Dafür müsste der anfängliche Verzicht auf eine Diskussion substanzieller Rüstungskontrollmaßnahmen in Kauf genommen werden. Ein solcher Ansatz für politisches Handeln wäre zunächst auf kurzfristig erreichbare Ziele

ausgerichtet, in der Hoffnung, ein günstigeres Klima für rüstungskontrollpolitisch relevantere Verhandlungen zu schaffen.

– Am schwierigsten zu realisieren ist eine dritte Option: Ziel wäre hier – unter Beteiligung möglichst vieler Staaten und der USA – eine Regulierung von offensiven und aggressiven Weltraumwaffen zunächst auf der Ebene eines Stationierungsverbots. Zwar erscheint zurzeit die Chance, die USA in einen solchen Prozess zu integrieren, äußerst gering, und die Gefahr, mit den Verhandlungen in eine Sackgasse zu geraten, hoch. Der Versuch, auf einem solchen – zugegeben niederen – Niveau gemeinsam mit den USA zu einer Regulierung mit einem substanziellen Verbotstatbestand zu gelangen, wäre aber intensiver diplomatischer und zivilgesellschaftlicher Anstrengungen wert. Die Ergebnisse eines Verhandlungsprozesses dieser Art wären rüstungskontrollpolitisch wertvoller als ein umfassendes Abkommen ohne Beteiligung der USA oder VSBM, bei denen die Kernprobleme der Thematik ausgespart bleiben.

Entwicklungen der letzten Jahre und die Perspektiven für die nähere Zukunft rechtfertigen keine großen Hoffnungen auf eine zeitgemäße Rüstungskontrollpolitik für den Weltraum. Neue technologische Entwicklungen und politische Weichenstellungen lassen diesen zwar als ein besonders wichtiges Feld präventiven rüstungskontrollpolitischen Handelns erscheinen, was von einer Mehrheit der Staatengemeinschaft und vielen NGOs auch so gesehen wird. Dennoch kommt die politische Bearbeitung dieses Feldes nicht richtig voran. Die Überwindung der derzeitigen Blockadesituation in diesem Feld ist deshalb die dringlichste politische Herausforderung. In dieser Situation wären schon kleine Fortschritte – wie die Aushandlung einzelner Vertrauensbildender Maßnahmen für den Weltraum – ein lohnenswertes Ziel.

I. Einleitung

Die Nutzung verbesserter und erweiterter technologischer Optionen wird auch in den nächsten Jahren entscheidende Auswirkungen auf die Rolle und Handlungsmöglichkeiten der Streitkräfte sowie die Stabilität des internationalen Staatensystems haben. Neue Technologien ermöglichen die Verbesserung vorhandener und die Nutzung neuartiger wehrtechnischer Systeme und eröffnen für Politik und Streitkräfte bislang nicht realisierbare Handlungsoptionen.

Neue Technologien und Rüstungsdynamik

Insbesondere in den Bereichen Biotechnologie, Mikrosystemtechnik, Nanotechnologie, Lasertechnologie, Sensorik, Informations- und Kommunikationstechnik sowie Robotik haben in den letzten Jahren Entwicklungen von besonderer Relevanz für die Wehrtechnik stattgefunden. Sie betreffen unter anderem Technologien zur Tarnung, zum Einsatz von Präzisions- und Distanzwaffen sowie miniaturisierter Waffensysteme, zur zeitnahen Gefechtsaufklärung, zur Steuerung, Kommunikation und Zielplanung.

In den Bereichen Laser- und Schwerionenfusion wird Forschung und Entwicklung betrieben, die weitere technologische Optionen bei den Massenvernichtungswaffen ermöglichen können (Miniaturbomben). Ergebnisse der biologischen und chemischen Forschung können ebenfalls neuartige Massenvernichtungswaffen möglich machen.

Die rasanten Fortschritte auf dem Gebiet der IuK-Technologien ermöglichen eine zunehmende informationstechnische Vernetzung moderner Streitkräfte sowie globale Aufklärungs- und Kommunikationssysteme als Voraussetzung für neue Missionen und Methoden der Kriegsführung. Wie u. a. die Erfahrungen aus dem Golfkrieg und den Kriegen im Kosovo und in Afghanistan gezeigt haben, können regionale und insbesondere globale militärische Operationen effektiv nur im Zusammenhang mit Aufklärungs- und Frühwarnsystemen betrieben werden, die weltraumgestützt sind. Entwicklungsziele sind deshalb die Verbesserung der Struktur von Satellitenplattformen, der Antriebs- und Versorgungstechnik, der Navigation sowie der Funktions- und Überlebensfähigkeit von Satelliten.

Die angestrebte Informationshoheit in militärischen Auseinandersetzungen und die Digitalisierung des Schlachtfeldes führen aber auch zu neuen Problemen, etwa bei der Standardisierung und Interoperabilität von IT-Systemen, und sie erhöhen die Verwundbarkeit. Optionen künftiger Informationskriegsführung wie Information Operations, Cyberwar oder Hackerwar bringen neue Risiken mit sich und gefährden potenziell die internationale Stabilität.

Präventive Rüstungskontrolle und Weltraumrüstung

Rüstungskontrolle muss sich den strukturellen Veränderungen des internationalen Systems, aber auch den Herausforderungen durch die technologische Dynamik des Informationszeitalters stellen. Auf der Agenda einer vorbeugenden Rüstungskontrollpolitik sollten – auch unter den veränderten sicherheitspolitischen Rahmenbedingungen – so früh wie möglich die Beurteilung und Gestaltung militärrelevanter Forschung, Entwicklung und Erprobung und ihrer Folgen stehen.

Dies gilt auch für die wissenschaftlichen und technischen Entwicklungen im Bereich der militärischen Weltraumnutzung. Nicht zuletzt aufgrund neuer technischer Möglichkeiten wird dem Weltraum aus Sicht der militärischen Planer, aber auch der Sicherheitspolitik zunehmend eine Schlüsselfunktion zugeschrieben. Weltweit wachsen die militärischen Ausgaben für Forschung und Entwicklung bei Konzepten, Technologien und Systemen. Die USA sind die Treiber dieser Entwicklung. Der Weltraum wird dort zunehmend als eine zentrale zivile und militärische Ressource mit höchster Priorität eingeschätzt. Seine militärische Nutzung eröffnet in der Wahrnehmung von Militär und Politik zahlreiche attraktive Optionen zur Gewinnung und Sicherung der Informationshoheit, zum Schutz der Weltrauminfrastruktur einschließlich der zivilen Satellitensysteme, zur Prävention, zur Abschreckung und zur Kriegsführung.

Ihre militärischen und ökonomischen Handlungsmöglichkeiten, die auf der jetzigen und zukünftigen Nutzung des Weltraums beruhen, werden von den USA zugleich als bedroht betrachtet. Deshalb werden finanzielle, technologische und organisatorische Anstrengungen unternommen, um die bestehenden Möglichkeiten und Fähigkeiten intensiver zu nutzen, zu verbessern, auszubauen und zu schützen. Mithilfe einer verbesserten Wissenschafts- und Technikbasis sollen neue Optionen zur defensiven und offensiven Nutzung des Weltraums geschaffen werden. Andere Länder

und Akteure wie China, Russland und die EU prüfen ebenfalls Optionen der militärischen Weltraumnutzung – wenngleich in erheblich geringerem Umfang. Aus diesem Grund, aber auch, weil die Quellenlage für die USA besser ist (als beispielsweise für Russland oder China), stehen die USA als politische und technologische Führungsnation im Mittelpunkt der Betrachtung.

Bei den genannten Entwicklungen sind in besonderem Maße solche von Bedeutung, die einen Übergang von einer eher passiven Nutzung des Weltraums – durch Systeme der Aufklärung, Kommunikation und Steuerung – zu einer „weaponization" des Alls bedeuten: Damit ist vor allem die Option der Stationierung von Waffensystemen zum Einsatz im, in den und aus dem Weltraum angesprochen. Aus rüstungskontrollpolitischer Sicht bereitet diese Tendenz Sorgen, zeigt sich doch, dass das bestehende weltraumrechtliche Instrumentarium und die vorliegenden Rüstungskontrollvereinbarungen nicht geeignet sind, eine weitere Militarisierung des Weltraums zu bremsen, geschweige denn zu verhindern. In diesem Sinn ist auch der Beschluss der UN-Vollversammlung von 2001 zu verstehen: Die einstimmig (bei Enthaltung der USA, von Israel, Georgien und Mikronesien) angenommene Resolution unterstreicht, dass zur Verhütung eines Wettrüstens im Weltraum weitere Maßnahmen mit geeigneten Verifikationsbestimmungen erforderlich sind.

Beauftragung des TAB

Der Unterausschuss Abrüstung, Rüstungskontrolle und Nichtverbreitung hat aufgrund der Bedeutsamkeit technologischer Entwicklungen für die Sicherheits- und Rüstungskontrollpolitik angeregt, das TAB mit der kontinuierlichen Bearbeitung des Themenfeldes zu beauftragen. Der Ausschuss für Bildung, Forschung und Technikfolgenabschätzung hat diese Anregung im Juli 2001 zustimmend aufgegriffen und das TAB mit der Durchführung eines kontinuierlichen Monitoring „Neue Technologien und Rüstungskontrolle" beauftragt. In dessen Rahmen kann zukünftig eine Folge von Sachstandsberichten zu jeweils vom Unterausschuss für Abrüstung, Rüstungskontrolle und Nichtverbreitung zu beschließenden Themen erarbeitet und vorgelegt werden.

Nach Absprache mit dem fachlich zuständigen Unterausschuss Abrüstung, Rüstungskontrolle und Nichtverbreitung soll sich der erste Sachstandsbericht mit dem Thema „Militärische Nutzung des Weltraums und Möglichkeiten der Rüstungskontrolle im Weltraum" befassen. Dieser Beschluss trägt der zunehmenden Bedeutung des Themenfeldes auch für die Außen- und Sicherheitspolitik Deutschlands Rechnung.

Eingrenzung des Untersuchungsgegenstandes

Im vorliegenden Bericht wird auftragsgemäß die Thematik der Raketenabwehr mit geringerer Priorität in den zu betrachtenden Gesamtkomplex „Weltraumrüstung" einbezogen. Der Schwerpunkt liegt auf terrestrischen und weltraumbasierten Waffensystemen zur Bekämpfung von Weltraumobjekten (z. B. luft- und raumgestützte Laser oder Kampfsatelliten) bzw. auf weltraumgestützten Waffensystemen zur Bekämpfung von Zielen auf der Erde, in der Luft oder auf See (z. B. raumgestützte Laserwaffen). Die technologischen und rüstungskontrollpolitischen Aspekte der US-amerikanischen Aktivitäten zur Abwehr ballistischer Raketen, die bereits Gegenstand ausführlicher Erörterungen in der wissenschaftlichen Literatur gewesen sind (vgl. z. B. Bielefeld/Neuneck 2001), werden aber dort aufgegriffen und diskutiert, wo sie – bei der Betrachtung des politisch-strategischen Gesamtkomplexes sowie der rüstungskontrollpolitischen Aspekte – besonders eng mit dem Bereich der Weltraumrüstung verknüpft sind.

Dies soll kurz erläutert werden: Die Abwehr ballistischer Raketen kann als Teil des Themenkomplexes Weltraumrüstung u. a. aus drei Gründen gelten. Zum einen durchqueren Raketen bzw. ihre Sprengköpfe auf ballistischen Flugbahnen auf dem Weg zu ihrem Ziel zum Teil den Weltraum. Zum Zweiten sind – zur Detektion von Starts, zur Flugbahnverfolgung und zur Steuerung von Abfangraketen – Frühwarnsysteme und Sensoren im Weltraum erforderlich. Drittens können Abfangkörper (oder Lasersysteme) im Weltraum stationiert sein (und ggf. auch gegen Systeme im Weltraum eingesetzt werden).

Rüstungskontrollpolitisch gesehen ist die Abwehr ballistischer Raketen ebenfalls eng verschränkt mit Weltraumrüstung und Weltraumwaffen. Alle Systeme – unabhängig von ihrem Stationierungsort –, die fähig sind (bzw. dafür entwickelt werden) Interkontinentalraketen zu attackieren, besitzen auch die inhärente Fähigkeit, Satelliten anzugreifen. Ein land- oder seegestütztes Raketenabwehrsystem beispielsweise kann auch Satelliten angreifen; ein raumgestütztes System (wie ein Laser oder ein Lenkflugkörper) dürfte in der Regel ebenfalls die Fähigkeit einer Anti-Satelliten-Waffe haben.

Der Bericht trägt diesem Umstand der Verknüpfung und Überschneidung insofern Rechnung, als in Kapitel II, IV und V Technologien und Systeme der ballistischen Raketenabwehr in die Betrachtung miteinbezogen werden.

Zur Notwendigkeit einer frühzeitigen politischen Bewertung neuer Technologien

Ein Rückblick in das Zeitalter der Blockkonfrontation zeigt die überragende Bedeutung der Technik in der Auseinandersetzung der Systemkonkurrenten und für die Stabilität des internationalen Staatensystems. Viele Beispiele belegen, dass politische Entscheidungen zur Förderung neuer Waffentechnologien und damit zur Verbesserung und Erweiterung des Spektrums militärischer Optionen Bedrohungswahrnehmungen förderten, Anlässe für Gegenmaßnahmen waren und bestehende Rüstungskontrollvereinbarungen gefährdeten. Neue waffentechnologische Entwicklungen und Systeme wirkten destabilisierend auf das System der gegenseitigen Abschreckung, wenn sie die Vorteile eines Überraschungsangriffs erhöhten oder die Rüstungskontrolle erschwerten. Destabilisierung war häufig Folge mehrerer paralleler technisch bedingter Entwicklungen z. B. der Einführung von Langstreckenraketen, des Übergangs zu Mehrfachgefechtsköpfen, der Erhöhung der Zielgenauigkeit von Trägersystemen. Auch als defensiv legitimierte Systeme zur Abwehr ballistischer Raketen hatten das Potenzial für destabilisierende Wirkungen, weil sie in einer Krise die Wahrscheinlichkeit eines Erstschlages erhöhten. Verstärkt wurde dieser Effekt durch neue offensive Systeme (z. B. Interkontinentalraketen mit Mehrfachsprengköpfen).

Die Notwendigkeit präventiver Rüstungskontrolle (Petermann et al. 1997) ergibt sich zum einen aus einer möglichen Gefährdung der Stabilität. Neue militärische Optionen im Zusammenhang mit dem „Medium“ Weltraum werden vor allem dann destabilisierend wirken und das Konfliktrisiko erhöhen, wenn sie Vorwarnzeiten verkürzen, den potenziellen Angreifer überlegen machen bzw. erscheinen lassen oder die Zielerfassung in Echtzeit verbessern. Neue Technologien und wehrtechnische Systeme, die demjenigen, der zuerst und entschlossen angreift, einen deutlichen Vorteil verschaffen, erzeugen – auf alle Beteiligten – einen Druck zur Prävention und wirken so destabilisierend. Ohne Zweifel ergeben sich solche Möglichkeiten aus einer intensiven militärischen Nutzung des Weltraums.

Ein zweiter Grund für rüstungspolitische Aktivitäten ist die Gefahr eines neuen (qualitativen) Wettrüstens. Erfahrungen belegen, dass es einen Aktions-Reaktions-Mechanismus im internationalen Staatensystem auch und gerade auf dem Gebiet militärisch relevanter FuE gibt: Anstrengungen einer Seite bzw. eines Akteurs induzieren entsprechende Bemühungen der anderen Seite oder anderer Mitspieler mit dem Ziel, eine Führungsrolle zu übernehmen, aufzuholen oder gleichzuziehen.

Ein entsprechender problematischer Mechanismus ist bei einer beginnenden Intensivierung militärischer Weltraumnutzung nicht auszuschließen: Neue technologische Rüstungsanstrengungen werden von einem Akteur durch das Postulat der Gefahrenabwehr bzw. Risikovorsorge sowie des nationalen Interesses legitimiert. Zugleich wird von der Möglichkeit ausgegangen, dass neue Technologien auch anderen Staaten zur Verfügung stehen werden. Daraus folgt die Notwendigkeit, zusätzlich Gegenmaßnahmen (und Gegen-Gegenmaßnahmen) zu ergreifen. Vergleichbare Wahrnehmungen und Aktivitäten erfolgen auch bei anderen Staaten mit der möglichen Folge einer Rüstungsspirale.

Solche Aktions-Reaktions-Mechanismen würden die Anstrengung zur verbesserten politischen Kooperation durch Vertrauens- und Sicherheitsbildung gefährden und bestehendes Misstrauen bestärken.

Ein dritter Aspekt, der die Notwendigkeit genauer rüstungskontrollpolitischer Analyse begründet, ist der Zusammenhang zwischen Rüstung und knappen öffentlichen Mitteln. Die Fähigkeit zur Kriegsführung weltweit sowie für Aktivitäten im Rahmen von UN-Maßnahmen erfordern umfangreiche Mittel für neue oder verbesserte Technologien z. B. zur Gewährleistung nationaler Führungsfähigkeit und überregional konzipierter Beobachtungs-, Aufklärungs- und Kommunikationssysteme, von Fähigkeiten zur schnellen Fernverlegung, für Mobilität und Flexibilität der Verbände. Die weltweit verfolgten Ziele einer tief gehenden technologischen Modernisierung der Streitkräfte erfordern und binden also langfristig erhebliche Mittel. Dies begründet die Notwendigkeit einer sorgfältigen Prüfung. Dazu gehört auch die Erörterung von Alternativen zu einer aufwendigen, kostenintensiven hoch technologischen Weltraumrüstung mit dem Ziel, Sicherheit durch militärische Systeme zu gewährleisten. Rüstungskontrolle müsste deutlich machen, dass nicht militärische Maßnahmen der Diplomatie, der Vertrauens- und Sicherheitsbildung und rüstungskontrollpolitische Vereinbarungen ebenfalls Sicherheit gewährleisten können – und erhebliche Mittel einsparen helfen.

Letztlich ist mit der Möglichkeit gesteigerter Bedrohungswahrnehmung zu rechnen. Qualitative (Auf-)Rüstung als strukturelle Modernisierung der Streitkräfte eröffnet kontinuierlich neue militärische Optionen. Dies kann zu Bedrohungsvorstellungen führen und provokativ wirken. Ob in einer ernsthaften Krise der bewaffnete Konflikt begonnen oder eher Zurückhaltung geübt wird, hängt mit diesen Gefühlen der Bedrohung bzw. Verwundbarkeit zusammen. Die Zielsetzungen der US-amerikanischen militärischen Weltraumpolitik könnten u. a. den Versuch anderer Staaten bewirken, durch nachholende Modernisierungsanstrengung zu reagieren oder offensive strategische Potenziale auszubauen. Aber auch Maßnahmen und Optionen asymmetrischer Natur könnten ins Auge gefasst werden, da hoch komplexe Satellitensysteme und Kommunikationsnetzwerke auch mit technologisch einfachen Mitteln verwundbar sind.

Um zu verhindern, dass aus der technologischen Dynamik eine schwer zu begrenzende Rüstungsdynamik entsteht, muss Rüstungskontrolle frühzeitig Prozesse erkennen und zur Diskussion stellen, in denen Wissenschafts- und Technikentwicklungen mit problematischem Nutzungs- und Folgenpotenzial vorangetrieben werden. Die dadurch gewonnene Zeit kann genutzt werden, die verteidigungs- und sicherheitspolitischen Folgen neuer technologischer Entwicklungen auf die politische Agenda zu setzen.

Ziel und Aufbau des Berichtes

Ziel des hiermit vorgelegten ersten Sachstandsberichtes im Rahmen des TAB-Monitoring ist es, die Veränderungen in der Sicherheitspolitik sowie den Strategien und Doktrinen der USA aufzuzeigen, Stand und Entwicklungsperspektiven der technologischen Basis der militärischen Weltraumnutzung zu analysieren und im Lichte der erkennbaren und zukünftig zu erwartenden Entwicklungen die Grenzen und Möglichkeiten rüstungskontrollpolitischer Aktivitäten aufzuzeigen. Hierzu wird im Bericht folgendermaßen vorgegangen:

In einem ersten Schritt werden anhand aktueller militärischer und sicherheitspolitischer Schlüsseldokumente aus den USA die dort postulierten Prinzipien und Ziele der militärischen Weltraumpolitik aufgezeigt (Kapitel II). Damit soll deutlich gemacht werden, in welchem Umfang und mit welchen Zielen diese ihre militärische Weltraumpolitik neu strukturieren und insofern die Weichen für eine verstärkte, umfassende und auch offensive militärische Weltraumnutzung (space force application) gestellt haben. Die daraus resultierende politische Entwicklungsdynamik wird zukünftig verstärkt auf die sicherheitspolitischen und strategischen Positionen anderer Staaten ausstrahlen, die sich an den von den USA vorgegebenen Richtungsentscheidungen orientieren müssen.

Die angesprochene politische Dynamik verbindet sich mit einer forcierten Entwicklung bei den Technologien und Systemen für die militärische Weltraumnutzung. Um diese Koevolution von Politik und Technologie zu verdeutlichen, wird eine ausführliche Analyse des Status quo und der im Augenblick erkennbaren Entwicklungstrends bei den für militärische Einsatzoptionen relevanten Schlüsseltechnologien vorgenommen. Auf der Basis einer Analyse

der Technologien und Systeme, die Gegenstand von militärischen Forschungs- und Entwicklungsprogrammen sind, werden für acht militärische Schlüsselfunktionen (z. B. Raumtransport, Steuerung und Kommunikation, Waffeneinsatz) die für deren Erfüllung erforderlichen Technologien (Enabling Technologies) dargestellt. Diese Betrachtung aus der Sicht militärischer Anforderungen wird ergänzt und abgeschlossen mit einer Zusammenfassung der relevanten Schlüsseltechnologien (Kapitel III). Das gesamte Spektrum der augenblicklich verfolgten und zukünftig geplanten Forschungs-, Entwicklungs-, Demonstrations- und Testaktivitäten dient letztlich dem strategisch und politisch vorgegebenem Ziel, die Kontrolle über den und aus dem Weltraum heraus zu sichern und auszubauen. Insofern kulminieren politische und technologische Entwicklungstrends in der Entwicklung und Bereitstellung von Waffensystemen zum Einsatz im, in den und aus dem Weltraum (Kapitel IV).

Im Lichte der Ergebnisse der Analyse von Strategien und Technologien behandelt Kapitel V die Möglichkeiten einer rüstungskontrollpolitischen Eingrenzung der augenblicklichen politischen und technologischen Dynamik. Da nicht auszuschließen ist, dass es bei einer Fortführung der gegenwärtigen politischen und technologischen Entwicklungen zu einer internationalen Destabilisierung kommen könnte, ist dringender Handlungsbedarf gegeben. Deshalb werden – ausgehend von einer Analyse des bisherigen Standes der politisch-diplomatischen Diskussionen und Aktivitäten – rüstungspolitische Handlungsmöglichkeiten erörtert, mit deren Hilfe einer krisenhaften Entwicklung im internationalen Maßstab vorgebeugt sowie zugleich Sicherheit und Stabilität gewährleistet werden könnten.

Zusammenarbeit mit Gutachtern

Wie in den meisten seiner Projekte arbeitete das TAB auch bei der Erarbeitung dieses Berichtes eng mit externem Sachverstand zusammen. Um für diesen Sachstandsbericht eine verlässliche Basis zu legen, wurden auf Vorschlag des TAB vier Gutachten vergeben:

– Mit den technologischen Aspekten befassten sich zwei Gutachten: „Militärische Nutzung des Weltraums“ erstellt durch das Fraunhofer-Institut für Naturwissenschaftlich-Technische Trendanalysen (INT), Euskirchen (Bearbeiter: Dr. Matthias Grüne, Dr. Thomas Kretschmer, Dr. Wolfgang Luther, Dr. Ulrik Neupert, Dr. Claudia Notthoff, Carsten Vaupel, Dr. Henner Wessel, Dr. Wolfgang Winkelmann) sowie „Technologien und technische Systeme für die militärische Anwendung im Weltraum – Bestandsaufnahme und Trends (sowie technologiespezifische Fragen von Rüstungsbegrenzung bei Weltraumsystemen und ihrer Verifikation)“ erstellt durch Dr. Jürgen Altmann, Universität Dortmund.

– Die völkerrechtlichen und rüstungspolitischen Dimensionen der Weltraumrüstung waren Gegenstand eines Gutachtens, das von Dr. Jürgen Scheffran mit dem Titel „Militärische Nutzung des Weltraums und Möglichkeiten für Rüstungskontrolle im Weltraum“ erarbeitet wurde.

– Beide Aspekte in einer integrierten Betrachtungsweise zusammenzuführen, war Aufgabe des Gutachtens des Instituts für Friedensforschung und Sicherheitspolitik an der Universität Hamburg (IFSH) mit dem Titel „Militärische Nutzung des Weltraums und Möglichkeiten für Rüstungskontrolle im Weltraum“ (Bearbeiter: Dr. Götz Neuneck, Matthias Karádi, André Rothkirch). Ziel war es, die technischen Möglichkeiten von Waffensystemen im Weltraum sowie deren mögliche Konsequenzen für die internationale Sicherheit und die Rüstungskontrolle zu analysieren.

Die Analysen des INT bildeten die wesentliche Basis der Kapitel III und IV, Teile des Gutachtens von Altmann flossen ergänzend ein. Die Arbeit von Scheffran bildet die Grundlage für Kapitel V. Das Gutachten des IFSH diente vor allem der Erstellung des Kapitel II, lieferte aber auch – ebenso wie die Analysen von Altmann – Informationen und Materialien für die anderen Kapitel des TAB-Berichtes. Den Bearbeiterinnen und Bearbeitern sei für die Qualität ihrer Arbeit und ihre Bereitschaft zu enger Kooperation herzlich gedankt. Die Verantwortung für die Auswahl, Strukturierung und Verdichtung des Materials sowie dessen Zusammenführung mit eigenen Recherchen und Analysen tragen die Verfasser.

II. Die militärische Weltraumpolitik der USA

Seit Beendigung der Blockkonfrontation und des Kalten Krieges stellt sich für die westliche Sicherheitspolitik die Bedrohungslage entscheidend anders dar. Statt auf eine massive Bedrohung durch einen klar erkennbaren Konkurrenten richtet sich seither die Aufmerksamkeit auf eine unspezifische Ansammlung diffuser und schwer vorhersagbarer Risiken. Als mögliche zukünftige Krisen und Konflikte gelten neben ethnisch-politischen und Ressourcenkonflikten in bestimmten Regionen auch die Drohung und der Einsatz von Massenvernichtungswaffen (MVW) durch staatliche und substaatliche Akteure sowie die Gefahr des internationalen Terrorismus, der seit dem 11. September 2001 die sicherheitspolitischen Debatten stark prägt. Bedrohungen gehen nach Meinung der Experten auch von so genannten Informationsoperationen („cyber war“) aus; hervorgehoben wird ferner die Proliferation von Raketen, anderen Trägersystemen und Satelliten. Der amerikanische Verteidigungsminister Donald Rumsfeld nannte Anfang 2001 „Raketen, Terrorismus und Informationskriegsführung“ in einem Zusammenhang (IFSH 2002, S. 98).

Als einzige verbliebene Supermacht sehen sich die USA in besonderem Maße sowohl mit diesen Risiken konfrontiert als auch herausgefordert, auf allen Ebenen hierauf zu reagieren. Sie geben deshalb durch ihre neuen sicherheitspolitischen Konzepte und Ziele sowie ihr Handeln Inhalte und Tempo neuer Entwicklungen vor, mit denen sich die anderen Staaten konfrontiert sehen. Dies gilt auch für die militärische Nutzung des Weltraums. Aufgrund ihrer technologischen und politischen Führungsrolle stehen die USA in den folgenden Ausführungen im Mittelpunkt.

In diesem Kapitel wird zunächst auf der Grundlage zentraler Planungs- und Strategiedokumente der augenblickliche Stand der offiziellen militärischen Weltraumpolitik der USA (Kapitel II.1) sowie der Perzeption der Bedrohung bei ballistischen Raketen (Kapitel II.2) beschrieben. Danach werden die Kernelemente der momentanen Weltraumstrategie der USA herausgearbeitet (Kapitel II.3).

1. Bedrohung und Verwundbarkeit der Weltrauminfrastruktur

Seit etwa Mitte der 1990er-Jahre rückt in den strategischen Schlüsseldokumenten der USA der Weltraum zunehmend in den Blickpunkt des Diskurses über militärische Bedrohungen und Fähigkeiten. Als zukünftige „area of responsibility" (Space Commission 2001, S. 22) stellt sich der Weltraum bereits jetzt als (durch den USA feindlich gesonnene Akteure) gefährdete und verwundbare zivile und militärische Ressource dar. Er präsentiert sich aber zugleich auch als Medium, das interessante militärische Möglichkeiten eröffnet, Schutzmaßnahmen zu ergreifen, Abschreckung zu realisieren, die weltweite Informationshoheit (information superiority) und die militärische Überlegenheit im und durch den Weltraum zu gewinnen. Die Quadrennial Defense Review (QDR) des Department of Defense (DoD) von 2001 bringt dies folgendermaßen auf den Punkt:

„Technological advances create the potential that competitions will develop in space and cyber space. Space and information operations has become the backbone of networked, highly distributed commercial civilian and military capabilities. This opens up the possibility that space control – the exploitation of space and the denial of the use of space to adversaries – will become a key objective in future military competition." (QDR 2001, S. 7)

Der Bericht tritt deshalb – in Fortführung früherer Überlegungen und Planungen – dafür ein, die Fähigkeiten und die Überlebensfähigkeit von „space systems and supporting infrastructure" zu verbessern sowie Kapazitäten zu schaffen, die die Nutzung des Weltraums für militärische Zwecke durch den Gegner verhindern (QDR 2001, S. 30 ff.).

Dem Bereich „Space/Intelligence" wird auch in der Nuclear Posture Review von 2001 eine Schlüsselrolle zugesprochen: „To provide continuous and persistent intelligence, surveillance, and reconnaissance of critical regions, the Department proposes to develop […] a ‚system of systems' that consists of space, airborne, surface, and subsurface capabilities. Sensors for this system will include a mix of phenomenology, allow for agile and flexible response, and operate across the electro-magnetic spectrum." (NPR 2001, S. 28)

Im Zusammenhang mit den zunehmend sich verfestigenden Erwartungen asymmetrischer Kriegführung durch Gegner, die den USA in militärischen und technologischen Fähigkeiten unterlegen sind, sowie von Informations-Operationen, Terrorismus und der Nutzung von Massenvernichtungswaffen wird davon ausgegangen, dass die USA sich auf Angriffe gegen Satelliten oder Bodenstationen (gleich ob zivile oder militärische) einrichten muss und dass entsprechende Gegenmaßnahmen („Counter-Space Capabilities") ergriffen werden müssen.

Die Commission to Assess United States National Security Space Management and Organization („Space Commission") konstatierte in ihrem Bericht von 2001 eine erhebliche Verwundbarkeit („vulnerability") sowohl der Satelliten als auch der dazugehörigen Bodenkomponente. Neben der Bedrohung durch Waffeneinsatz, Sabotage sowie die klassischen elektronischen Störtechniken wird erwartet, dass in Computernetzwerke zur Steuerung von Satelliten eingedrungen wird. Thematisiert wird auch die Bedrohung durch „space denial capabilities" möglicher Gegner wie bodengestützte Laser und „proximity micro satellites" (Space Commission 2001, S. 13, s. a. S. 31).

Bedrohung von Weltraumsystemen, Bodenkomponenten und Kommunikationswegen aus der Sicht der USA

„The relative dependence of the U.S. on space makes its space systems potentially attractive targets. Many foreign nations and non-state entities are pursuing space-related activities. Those hostile to the U.S. possess or can acquire on the global market, the means to deny, disrupt or destroy U.S. space systems by attacking satellites in space, communications links to and from the ground or ground stations that command the satellites and process their data." (S. 8)

„The ability to restrict or deny freedom of access to and operations in space is no longer limited to global military powers. Knowledge of space systems and the means to counter them is increasingly available on the international market. The reality is that there are many extant capabilities to deny, disrupt or physically destroy space systems and the ground facilities that use and control them. Examples include denial and deception, interference with satellite systems, jamming satellites on orbit, use of microsatellites for hostile action and detonation of a nuclear weapon in space." (S. 13)

„An attack on elements of U.S. space systems during a crisis or conflict should not be considered an improbable act. If the U.S. is to avoid a Space Pearl Harbor it needs to take seriously the possibility of an attack on U.S. space systems." (S. 8, s. a. S. 13)

Quelle: Space Commission 2001

Auch zahlreiche Planungsdokumente wie der Long-Range Plan des United States Space Command (US SPACECOM) von 1998 oder der Strategic Master Plan des Air Force Space Command von 2000 erörtern die Möglichkeiten von Attacken auf die zivile und militärische Weltrauminfrastruktur (SMP 2000; s. a. Wilson 2001).

Bei einem Hearing im Senat unterstrich auch der Direktor der Defense Intelligence Agency (DIA), Vizeadmiral Tom Wilson, dass die Bedrohung der US-Weltraumkomponente zunehme. Angriffe auf Bodenstationen und auf Computer-Netzwerke durch Störattacken oder Laserbeschuss seien im Jahr 2010 möglich. CIA-Chef George Tenet wies darauf hin, dass die Entwicklung von Aufklärungssatelliten durch Staaten wie Indien und China sowie ein zunehmend größerer und frei zugänglicher Kommunikations-, Navigations- und Fernerkundungsmarkt den Vorsprung der USA schrumpfen lasse (Hitchens 2002, S. 7).

Der Bericht der „Space Commission" kam als Resultat aus seiner Bedrohungsanalyse („threat assessment") zu folgenden Einschätzungen:

– Die Vereinigten Staaten sind stärker als jedes andere Land von der Nutzung des Weltraums abhängig. Zugleich sind ihre Weltraumsysteme verwundbar.
– Länder, die gegenüber den USA feindselig eingestellt sind, besitzen oder beschaffen die Mittel, um US-Weltraumsysteme zu stören („disrupt") oder zu zerstören.
– Die USA bilden deshalb ein attraktives Ziel für ein „Space Pearl Harbor".

2. Die Bedrohung durch ballistische Raketen

Die Bedrohung durch die Beschaffung und/oder Entwicklung ballistischer Raketen durch bestimmte Staaten und terroristische Gruppierungen – im engen Zusammenhang mit der Proliferation von nuklearen, biologischen und chemischen Waffen – hat im sicherheitspolitischen Diskurs mittlerweile einen zentralen Stellenwert erreicht.

Die Entwicklung von Abwehrsystemen gegen begrenzte Raketenangriffe – unter Nutzung des Weltraums – wird begründet mit möglichen Entwicklungen, wie solchen, dass

- so genannte „Besorgnis erregende“ Staaten wie Nordkorea, Iran oder Irak in wenigen Jahren die Fähigkeit zum Bau von Langstreckenraketen erlangen könnten, und so in der Lage wären, das Territorium der USA mit dem Einsatz von MVW zu bedrohen;
- versehentliche oder nicht autorisierte Angriffe mit wenigen Raketen von russischem oder chinesischem Boden ausgehen könnten;
- Terrorgruppen die Kontrolle über einzelne Raketen mit MVW erlangen könnten, und damit in der Lage wären, die USA zu erpressen (IFSH 2002, S. 106).

Ausmaß und Wahrscheinlichkeit der Bedrohung durch Raketen sind in öffentlich zugänglichen Dokumenten dokumentiert und diskutiert (IFSH 2002, S. 106 ff.):

- Bereits die noch von Präsident Bill Clinton eingesetzte „Commission to Assess the Ballistic Missile Threat to the United States“, nach ihrem Vorsitzenden, dem heutigem Verteidigungsminister, oft Rumsfeld-Kommission genannt, kam 1998 zu dem Ergebnis, dass neue Länder in absehbarer Zeit über Interkontinentalraketen verfügen könnten: Nordkorea und der Iran könnten schon in fünf Jahren „die Fähigkeit haben, die USA mit ballistischen Raketen großer Reichweite zu treffen, falls sie die Entscheidung dazu träfen“. Der Irak könnte diese Fähigkeit in zehn Jahren haben. Die Kommission stufte im Falle des Irak die angenommenen zehn auf fünf Jahre zurück, nachdem sich das Ende von UNSCOM-Inspektionen im Jahr 1998 abzeichnete. Die Kommission folgerte auch, dass „wenig oder keine Frühwarnung“ vor einer direkten Bedrohung des amerikanischen Territoriums möglich sei, insbesondere wenn eine vollständige Interkontinentalrakete beschafft würde. Die veröffentlichte Zusammenfassung des Rumsfeld-Berichtes behauptet allerdings weder, dass diese angenommenen Entwicklungen sehr wahrscheinlich sind, noch dass dies die einzigen vorstellbaren Bedrohungen wären. Andere Bedrohungsmöglichkeiten durch Massenvernichtungswaffen, die wesentlich einfacher zu realisieren sind als der Bau oder die Beschaffung einer kompletten Interkontinentalrakete, wurden aber nicht analysiert. Allerdings hat man die Möglichkeit erwähnt, Marschflugkörper (cruise missiles) und seegestützte Kurzstreckenraketen gegen US-Ziele einzusetzen (IFSH 2002, S. 108).
- Das britische „International Institute for Strategic Studies“ (IISS) geht davon aus, dass weltweit ca. 25 Staaten – mit Schwerpunkt Naher und Mittlerer Osten – ballistische Raketen besitzen bzw. sich um deren Besitz bemühen. Hingewiesen wird auf die Weitergabe von russischem und chinesischem Know-how zu ABC-Waffen und Trägersystemen an Länder wie Nordkorea oder Pakistan. Nordkorea soll möglicherweise bereits im Jahr 2003 fähig sein, eine ICBM mit einer Reichweite bis 12 000 km zu testen.
- Die gemeinsame Bedrohungsanalyse der so genannten „Intelligence Community“, vor allem also der US-Geheimdienste, der „National Intelligence Estimate“ (NIE 2001) von 2001, verweist u. a. darauf, dass wahrscheinlich Nordkorea und der Iran sowie möglicherweise der Irak noch vor 2015 die USA mit Interkontinentalraketen bedrohen könnten. Auch könnten einige Länder Voraussetzungen schaffen, um Kurz- und Mittelstreckenraketen oder Marschflugkörper von nahe der Küste stationierten Schiffen gegen das US-Territorium abzuschießen. Auch terroristische oder extremistische Gruppen hätten „Interesse an chemischen, biologischen, radiologischen oder nuklearen Materialien“ (NIE 2001, S. 3 ff.).
- Eine Analyse der Carnegie-Stiftung (Tabelle 1) kommt zu dem Ergebnis, dass 35 Staaten (darunter die fünf „offiziellen“ Nuklearmächte) ballistische Raketen besitzen. 27 dieser Länder besitzen Kurzstreckenraketen (< 1 000 km). 22 Länder verfügen allerdings lediglich über SCUD-Raketen (Reichweite ca. 300 bis 500 km), die meist aus Exporten der ehemaligen Sowjetunion stammen. Elf Länder verfügen über Mittelstreckenraketen mit einer Reichweite von mehr als 1 000 km.

Neben den klassischen Nuklearmächten sind dies Israel, Saudi-Arabien, Indien, Pakistan, Nordkorea und Iran (Tabelle 2). Vier Staaten betreiben Programme zur Entwicklung von Mittelstrekkenraketen mit über 3.000 km Reichweite: Indien, Pakistan, Nordkorea und Iran.

Die aufgeführten Bedrohungsanalysen dokumentieren, dass sich die Zahl der Staaten mit Raketen großer Reichweite bzw. entsprechenden Programmen in den letzten 20 Jahren nicht entscheidend verändert hat. Länder wie Argentinien oder Brasilien, die noch vor 10 bis 15 Jahren militärische Raketenprogramme betrieben, haben diese aufgegeben. Neu hinzu gekommen und im besonderen Maße in den Blickpunkt gerückt sind Staaten wie Nordkorea, Iran und Irak. Nicht zuletzt ihretwegen hat sich die Einschätzung der US-amerikanischen Politik dahin gehend gewandelt, dass eine Bedrohung der USA und ihrer Bürger durch ballistische Raketen zukünftig möglich sowie der US-Truppen und -Interessen in Übersee (sowie ihrer Alliierten und Freunde) bereits jetzt gegeben sei – auch wenn sie nicht als wahrscheinlich charakterisiert wird.

Es wird aber gerade auf zukünftige Entwicklungen hingewiesen, die diese Bedrohung realer machen könnten. Die Ereignisse des 11. September 2001 werden in offiziellen Stellungnahmen nicht als Beleg dafür gesehen, dass insbesondere die Bedrohung des internationalen Terrorismus nicht mit Raketenabwehrsystemen zu bannen ist. Im Gegenteil: Zusammen mit einem reduzierten offensiven Nuklearpotenzial und verbesserten konventionellen Fähigkeiten bildet „missile defense“ nunmehr einen integralen Bestandteil einer neuen Triade für die Abschreckung und die Anwendung von Gewalt, falls die Abschreckung versagt (Rumsfeld 2002, S. 29, s. a. QDR 2001, S. 42). Der Kongress, der im Haushaltsjahr 2002 für Raketenabwehr 7,78 Mrd. US-Dollar genehmigte, stockte diesen Betrag auf 8,24 Mrd. US-Dollar auf, wobei diese Summe Mittel für eine erweiterte Terrorismusbekämpfung enthält.

Tabelle 1

Überblick über die Länder mit ballistischen Raketen

SCUD-basierte Kurzstreckenraketen	**andere Kurzstrecken-raketen**	**Mittelstreckenraketen**	
100–1.000 km	**100–1.000 km**	**1.000–3.000 km**	**3.000–5.500 km**
Afghanistan	Argentinien	Indien	China
Ägypten	*Bahrein*[c]	Iran	Frankreich
Armenien	Griechenland	Israel	Großbritannien
Aserbaidschan	Süd Korea	*Nordkorea*[d]	Russland
Belarus	Taiwan	*Pakistan*[e]	USA
Bulgarien	Tschechische Republik	Saudi Arabien	in der Entwicklung in:
Georgien	Türkei		Indien
Iran			Iran
Irak[a]			Nordkorea
Jemen			Pakistan
Kasachstan			
Kongo[b]			
Libyen			
Polen			
Slowakische Republik			
Syrien			
Turkmenistan			
Ukraine			
UdSSR			
Vereinigte Arabische Emirate			
Vietnam			

Durch Kursivdruck hervorgehoben sind die Staaten, die noch über kein einsatzfähiges Waffensystem in der jeweiligen Reichweiten-Kategorie verfügen.
Alle Staaten mit Mittelstreckenraketen verfügen über einsatzfähige Kurzstreckenraketen.

[a] versteckt?
[b] nach Presseberichten: Jane’s Defence Weekly, 1. Dezember 1999 und Washington Times, 22. November 1999
[c] Die Raketen sind in Produktion. Die Einsatzfähigkeit ist für 2002 geplant.
[d] Bei einem Raketentest am 31. August 1998 schlug die Rakete 1 320 km vom Startpunkt ein.
[e] Bei einem Raketentest am 6. April 1998 schlug die Rakete 1 100 km vom Startpunkt ein. Ein neuerer Test fand im Mai 2002 statt.

Quelle: Carnegie Non-Proliferation Project: „World Missile Chart – Countries Possessing Ballistic Missiles“, http://www.ceip.org/, 29.7.2002

Tabelle 2

Ausgewählte Staaten mit ballistischen Raketen

Staat	Systembezeichnung	Status	Reichweite (km)	Nutzlast (kg)	Herkunft
Indien	Prithvi-150	O	150	1.000	Indien/UdSSR
	Prithvi-250	O	250	500	Indien/UdSSR
	Dhanush	D/O	250	500	Indien
	Bramhos	D?	300?	225?	Indien/Russland
	Sagarika	D?	250–350?	500?	Indien
	Prithvi-350	D	350	500	Indien/UdSSR
	Agni	T	1.500	1.000	Indien/US/Frankreich
	Agni-2	O/P	2.000/2.500	1.000	Indien/US/Frankreich
	Agni-3	D	3.000	?	Indien
	Surya	D?	3.250+?	?	Indien
Iran	M-7 (CSS-8)	O	150	190	VR China
	SCUD-B	O/U	300	1.000	Nordkorea/Eigenproduktion
	SCUD-C	O	500	600–700	Nordkorea
	Shahab-3	T/D?	1.300	1.000?	Iran/Nordkorea/Russland
	Shahab-4	D	2.000	?	Iran/Russland
	Shahab-5	D?	3.000–5.500?	?	Iran/Russland
Israel	Lance	O/S	130	450	USA
	Jericho-1	O	500	1.000	Frankreich
	Jericho-2	O	1.500	1.000	Frankreich/Israel
	Jericho-3	D	2.500	1.000?	Israel
Nordkorea	SCUD-B	O/P	300	1.000	UdSSR
	SCUD-C Variante	O/P	500	600–700	Nordkorea
	Nodong	D/T	1.300	700–1.000	Nordkorea
	Taepodong-1	T	1.500–2.000	1.000	Nordkorea
	Taepodong-2	D	3.500–5.500	1.000	Nordkorea
Pakistan	Hatf-1	O	80	500	Pakistan
	Hatf-2	O	180	500	Pakistan/VR China?
	Hatf-3	O	290	500	Pakistan/VR China?
	Shaheen-1	P/O	700/750	500	Pakistan/VR China?
	Shaheen-2	D/P	2.000/2.500	1.000?	Pakistan/Nordkorea
	Ghauri-1	T/O	1.300	500–750	Pakistan/Nordkorea
	Ghauri-2	D/T	2.000?	700	Pakistan/Nordkorea
	Ghauri-3	D/T	2.700–3.500	?	Pakistan/Nordkorea
Saudi-Arabien	Dong Feng-3	O	2.600	2.150	VR China

Quelle: Carnegie Non-Proliferation Project, http://www.ceip.org/, 29.07.2002

Bedrohung durch ballistische Raketen und Raketenabwehr

„The continued proliferation of ballistic and cruise missiles poses a threat to U.S. territory, to U.S. forces abroad, at sea, and in space, and to U.S. allies and friends. To counter this threat, the United States is developing missile defenses as a matter of priority. Integrating missile defenses with other defensive as well as offensive means will safeguard the Nation's freedom of action, enhance deterrence by denial, and mitigate the effects of attack if deterrence fails. The ability to provide missile defenses in anti-access and area-denial environments will be essential to assure friends and allies, protect critical areas of access, and defeat adversaries. [...]

DoD has refocused and revitalized the missile defense program, shifting from a single-site „national" missile defense approach to a broad-based research, development, and testing effort aimed at deployment of layered missile defenses. These changes in the missile defense program will permit the exploration of many previously untested technologies and approaches that will produce defenses able to intercept missiles of various ranges and in various phases of flight. These defenses will help protect U.S. forward-deployed forces. Moreover, they will provide limited defense against missile threats not only for the American people, but also for U.S. friends and allies."

Quelle: QDR 2001, S. 42

Die Politik von George W. Bush zeigt sowohl eine gewisse Kontinuität zur Politik seines Vorgängers – weist aber auch wesentliche neue Akzente auf. Die System-Architektur der NMD unter der Clinton-Administration baute noch ausschließlich auf bodengestützte Interzeptoren gegen die Gefechtsköpfe von Raketen in der so genannten Midcourse Phase. Die neue Architektur sieht dagegen ein gestuftes Abwehrkonzept mit mehreren integrierten Segmenten vor, darunter – mit neuer Betonung – Systeme gegen Raketen in der Startphase. Insgesamt ist diese Konzeption sehr viel anspruchsvoller und zielt gegen „all ranges of threats".

Der Schwerpunkt im Budget der Missile Defense Organization (MDO) liegt bei Forschungs-, Entwicklungs- und Testaktivitäten einschließlich Evaluation (7 Mrd. US-Dollar). Für Tests im Rahmen des Midcourse Defense Segments wird in Alaska eine Test Bed Facility errichtet mit Abschusseinrichtungen sowie Radar und Command-and-Control-Einrichtungen u. a. in Alaska und Kalifornien.

3. Der Weltraum als „area of responsibility"

In den vorstehend genannten Dokumenten und Bedrohungsanalysen kommt eine grundsätzliche Neubewertung des Weltraums aus militärischer Sicht zum Ausdruck:

„In the coming period, the U.S. will conduct operations to, from, in, and through space in support of its national interests both on earth and in space. As with national capabilities in the air, on land, and at sea, the U.S. must have the capabilities to defend its space assets against hostile acts and to negate the hostile use of space against U.S. interest." (Space Commission 2001, S. 11)

Missionen und Fähigkeiten

Gleichwohl ist diese Neubewertung nicht voraussetzungslos. Vielmehr baut die Einordnung des Weltraums als „Medium" von globaler, strategischer Bedeutung auf bereits Mitte der 1990er Jahre formulierte Ziele einer militärischen Weltraumpolitik auf. Beispielsweise beschreibt der „Annual Defense Report" von 1996 vier Missionen („mission areas") der amerikanischen „Space Forces" näher:

– Space Support umfasst die Fähigkeiten und Kapazitäten zur Durchführung von Starts und Stationierung sowie Betrieb von Flugkörpern (space vehicles).

– Force Enhancement beinhaltet Navigation, Frühwarnung, Kommunikation, Aufklärung und Überwachung.

– Space Control umfasst Weltraumüberwachung, Schutz der Systeme, Prävention sowie „Negation" durch „methods to counter the territorial or space-based elements of a space system or their data linkages".

– Bei Force application nennt der Bericht weltraumgestützte Raketenabwehrfähigkeiten und Power Projection als Zukunftsoptionen (DoD 1996, Kapitel 23).

In zwei zeitlich nachfolgenden Dokumenten, „Joint Vision 2010" und „Joint Vision 2020" des DoD, sind die Prinzipien und Maßnahmen beschrieben, deren Realisierung nach Auffassung der Militärführung nötig ist, um den Status einer global agierenden Supermacht USA zu erhalten und auszubauen. Die vier Schlüsselbegriffe sind dort: Dominant Maneuver, Precision Engagement, Full Dimensional Protection und Focused Logistics. Die damit bezeichneten militärischen Fähigkeiten sollen insbesondere durch die Nutzung neuer Technologien, wie z. B. die Schaffung eines globalen C^4I-Netzwerkes, verbesserte Aufklärung, Stealth-Technologien, Präzisionswaffen und unter Nutzung weltraumgestützter Komponenten gewährleistet werden. Das Ziel lautet: „Full spectrum dominance", definiert als die Fähigkeit, jederzeit, schnell, nachhaltig, koordiniert und angepasst an die jeweilige Situation auf allen Ebenen – „space, sea, land, air, and information" – militärische Operationen durchführen zu können. „Achieving full spectrum dominance means the joint force will fulfill its primary purpose – victory in war, as well as achieving success across the full range of operations [...]" (Chiefs of Staff 2000, S. 5).

Das US Space Command hat im August 1997 seine eigene „Vision for 2020" ausgearbeitet, in der das Ziel der „Full Spectrum Dominance" für das zukünftige vierte Medium (neben Boden, Luft, See), den Weltraum, konkretisiert wird: Dabei gelten „Kontrolle des Weltraums" (Control of Space), „Weltweites Engagement" (Global Engagement), „vollständige Streitkräfteintegration" (Full Force Integration) sowie „Weltweite Partnerschaften" (Global Partnership) als Mittel zur Erreichung des Ziels, über das gesamte Spektrum von Kriegen und Kampfhandlungen hinweg die jederzeitige Dominanz zu erreichen und zu behalten (Tabelle 3).

Tabelle 3

Full spectrum dominance als Ziel militärischer Weltraumnutzung

		Control of Space Capabilities
Control of Space is the ability to assure access to space, freedom of operations with the space medium, and an ability to deny others the use of space, if required.	→	– Real-time space surveillance – Timely and responsive spacelift – Enhanced protection (military and commercial systems) – Robust negation systems
		Global Engagement Capabilities
Global Engagement is the application of precision force from, to, and through space.	→	– Non-intrusive global surveillance – Key to National Missile Defense – Enhanced C2 – Space-based strike weapons
		Full Force Integration Capabilities
Full Force Integration is the integration of space forces and space-derived information with land, sea, and air forces and their information.	→	– Enhanced „sensor-to-shooter“ – Common protocols, communications standards, and fused databases – Precise modeling and simulation – „One-stop-shop“ for space support
		Global Partnerships Concepts
Global Partnerships augments military space capabilities through the leveraging of civil, commercial, and international space systems.	→	– Sharing of space-based information – Influencing space systems designs – Satellite sharing – Space system architectures to facilitate rapid flow of information – International standardization

Quelle: USSPACECOM 1998, S. 128

Im Annual Defense Report von 2001 wird „space control“ in ähnlicher Weise definiert: „The mission of space control is to ensure the freedom of action in space for the United States and its allies and, when directed, deny an adversary freedom of action in space.“ (DoD 2001) Aus dieser Zielvorgabe wird durch die Quadrennial Defense Review u. a. als Konsequenz die Modernisierung der C^4I-Kapazitäten abgeleitet. Diese sollen die USA in die Lage versetzen den Zugang zum Weltraum sicher zu stellen sowie dort notwendige Aktivitäten („operations“) durchzuführen:

„DoD will pursue modernization of the aging space surveillance infrastructure, enhance the command and control structure, and evolve the system from a cataloging and tracking capability to a system providing space situational awareness. In recognition of the high-technology force multipliers provided by space systems, the QDR places increased emphasis on developing the capabilities to conduct space operations. Ensuring freedom of access to space and protecting U.S. national security interests are key priorities that must be reflected in future investment decisions.“ (QDR 2001, S. 45)

Die Space Commission ordnet die nationalen Sicherheitsinteressen der USA im Weltraum in die „nationalen Topprioritäten“ ein und empfiehlt, die Mittel zu entwickeln, um feindliche Angriffe in und aus dem Weltraum abzuschrecken oder sich dagegen verteidigen zu können. Zu diesen Mitteln gehören auch im Weltraum stationierte Waffen: „The Commissioners believe the U.S. government should vigorously pursue the capabilities called for in the National Space Policy to ensure that the president will have the option to deploy weapons in space to deter threats to, and if necessary, defend against attacks on U.S. interests.“ (Space Commission 2001, S. 12)

Auch die „US Commission on National Security/21st Century“, die unter dem Vorsitz des demokratischen Senators Gary Hart und des republikanischen Senators Warren B. Rudman eine Neubewertung der US-Sicherheitspolitik unter den veränderten Bedingungen des 21. Jahrhunderts vornehmen sollte, unterstreicht nachdrücklich die überragende Bedeutung des Weltraums und die Abhängigkeit der USA und ihrer Streitkräfte von ihrer Weltrauminfrastruktur: Der „ungehinderte Zugang in den Weltraum und die Nutzung

des Weltraums“ werden deshalb als „vitales nationales Interesse“ bezeichnet. Die Kommission spricht sich auch für eine bessere Koordination der verantwortlichen Akteure aus und fordert das Weiße Haus auf, mehr für die militärische Weltraumpolitik zu tun (Commission on National Security 2000).

Technologien und Waffensysteme

Die Strategiediskussion zum Weltraum wird seit jeher begleitet von einer kontinuierlichen Debatte über die technologischen Voraussetzungen, die erfüllt sein müssen, um angesichts der analysierten Bedrohungen Dominanz, Überlegenheit und Kontrolle im Frieden, in Krisen und im Krieg zu sichern. Als wichtiger Akteur hat beispielsweise das US Space Command die aktuellen und zukünftigen Technologien, für die aus seiner Sicht Bedarf besteht, bereits frühzeitig im Überblick aufgelistet (Tabelle 4).

Im Februar 2000 wurde vom Air Force Space Command der „Strategic Master Plan for FY’ 02 and Beyond“ (SMP 2000) veröffentlicht. In einem Vorwort nennt der Kommandeur des Space Command den Zweck des Dokuments:

„It formulates a fiscally and technologically feasible investment strategy to maintain space superiority, defend US interests, and fully integrate aerospace capabilities. As we stand at the threshold and bid farewell to the century of airpower, we welcome the century of aerospace power. I’m excited about the possibilities.“ (SMP 2000, Foreword)

Auch dieses Dokument bedient sich wieder der vier Kategorien Force Enhancement, Space Support, Space Control und Force Applications und konkretisiert sie in sachlicher wie zeitlicher Hinsicht (Tabelle 5, S. 20).

Betrachtet werden im SMP drei Zeitabschnitte: kurzfristig (2000 bis 2007), mittelfristig (2008 bis 2013) und langfristig (2014 bis 2025). Tabelle 6, S. 20 gibt einen Überblick über die Ziele, die in den jeweiligen Zeitabschnitten erreicht werden sollen.

Die Planungen zeigen, dass die Integration von „Luft“ und „Raum“ auf der Streitkräfteebene bis 2007 und die „Space/Information Superiority“ bis 2013 erreicht werden sollen. Eine globale, unmittelbare „situational awareness“ und die Möglichkeit, schnelle, konventionelle Angriffe aus dem Weltraum heraus an jedem Punkt der Erde durchzuführen, sollen im Zeitraum bis 2025 erreicht sein.

Organisatorische Maßnahmen

Die Rumsfeld-II-Kommission hatte u. a. die Schaffung eines „Policy Coordinating Committee for Space“ im Nationalen Sicherheitsrat (National Security Council) vorgeschlagen sowie eine Anzahl von weiteren organisatorischen Veränderungen an den Raumprogrammen angeregt. Seither bemüht sich das Verteidigungsministerium um eine Verschlankung der Strukturen und eine Straffung der Planungs- und Entscheidungsabläufe.

Tabelle 4

Planungen von Waffensystemen des USSPACECOM

Current/Near Term Capability	Migration Option	Core Competencies
AWACS; JSTARS; BMEWS; PAVE PAWS	→ Space-Based Radar	→ Information Superiority; Air & Space Superiority
Airborne Spectral Imagery	→ Space-Based HSI	→ Information Superiority
Ground-Based Range Ops.	→ Space-Based Range	→ Air & Space Superiority
Ground-Based Electro-Optical Deep Space Surveillance (GEODSS)	→ Space-Based E-O Network	→ Space Superiority
Deep Strike of Hardened, Deeply Buried Targets	→ High Speed Precision Penetrator	→ Global Attack
Expendable Launch Vehicle; Ground-Based Counter-Space; ISR Constellations	→ Space Operations Vehicle	→ Rapid Global Mobility; Air & Space Superiority; Information Superiority
Theater Missile Defense/National Missile Defense Interceptors; Ground-Based KE ASAT	→ Space-Based Laser	→ Global Attack; Air & Space Superiority

Quelle: USSPACECOM 1998

Tabelle 5

Missionsbereiche der US-Streitkräfte im Weltraum

Mission	Aktivitäten	Techniken, Systeme
Force Enhancement	Navigation, SATCOM, surveillance and Threat Warning, Command & Control, Information Operations	DSP, GPS, DMSP, Milstar, Fleet Satcom, UHF
Space Support	Launch Operations Satellite Operations Modelling & Simulation	Launch Vehicles and Facilities, AF Satellite Control Network, Naval Satellite Operational Center
Space Control	Space Surveillance; Counterspace; NMD	New Concepts: Space Mines, Body Guard Satellites
Force Applications	ICBM Sustainment Conventional Strike	Space Based Earth Penetrators and Submunition

Quelle: SMP 2000, Executive Summary, S. 6

Tabelle 6

Zeitplanung des „Strategic Master Plan"

Near-Term (2000 bis 2007)	Mid-Term (2008 bis 2013)	Far-Term (2014 bis 2025)
– Improve Battlespace Situational Awareness – Integrate Aerospace Forces – Evolve Space Superiority – Evolve Information Superiority	– Improve Battlespace Management – Evolve Global, Conventional Strike – Gain Space Superiority – Gain Information Superiority	– Provide Global, Real-time Situational Awareness – Provide Prompt, Global, Conventional Strike – Maintain Space Superiority – Maintain Information Superiority

Quelle: SMP 2000, Executive Summary, S. 4

Einer der ersten Schritte des Pentagon in diese Richtung war die Benennung des Direktors des National Reconnaissance Office (NRO), Peter Teets, als Verantwortlicher für die Beschaffung bei den Weltraumprogrammen. Außerdem wurden die Position eines „Deputy for Military Space" im NRO und die Schaffung eines „Directorate of National Security Space Integration" beschlossen. Zu den ersten Aufgaben des neuen Teams sollte gehören, verzögerte Beschaffungsprojekte beispielsweise bei neuen Satelliten oder die Pläne für ein „Space Based Radar" zu beschleunigen (IFSH 2002, S. 163).

Weitere Schritte haben sich angeschlossen, wie die Gründung von Ausbildungs- und Trainingsstätten und die Aufstellung entsprechender Einheiten, deren Aufgabe es u. a. sein soll, zu entwickeln und zu testen. Auf der „Schriever Air Force Base" wurde Anfang 2001 erstmals eine umfassende Kriegssimulation durchgeführt, bei der die beiden Seiten in einem Szenario 2017 auch den Konflikt mit Weltraumwaffen führten. „Rot" verfügte hier über ASAT-Waffen, „Blau" über ein nationales Raketenabwehrsystem (IFSH 2002, S. 157).

Am 1. Oktober 2002 wurde das US Space Command in das US Strategic Command (das Kontroll- und Befehlszentrum der strategischen Streitkräfte) integriert, um damit der Bedeutung des Weltraums für die globale strategische Planung gerecht zu werden.

Im Zusammenhang mit der Genehmigung der Mittel für die Verteidigungsausgaben im Haushaltsjahr 2002 durch den Kongress wurden im Januar 2002 die Zuständigkeiten und Schwerpunkte der Missile Defense Organization (MDO; früher Ballistic Missile Defense Organization, BMDO) neu geordnet. Die Programme wurden in sechs Schwerpunktbereiche gegliedert. Davon ist das Midcourse-Defense-Segment-Programm mit etwa 3,76 Mrd. US-Dollar (von insgesamt ca. 7,78 Mrd. US-Dollar) das bedeutendste. Der Fokus der Programme ist jetzt eindeutig auf Forschung, Entwicklung und Tests gerichtet (Kile 2002).

„A question of time…"?

Pläne und Aussagen der Bush-Administration lassen ein verstärktes Interesse an der militärischen Nutzung des Weltraums erkennen. „Space superiority" zu erreichen gilt sowohl als Ziel wie auch als Schlüsselaspekt bei der Transformation der US-Streitkräfte: „Space capabilities are inherently global, unaffected by territorial boundaries or ju-

risdictional limitations; they provide direct access to all regions and, with our advanced technologies, give us a highly asymmetrical advantage over any potential adversary.“ (TSR 2001, S. 27) Diese Aussage des Transformation Study Report vom April 2001 wurde von General Ralph Eberhart, Kommandeur des North American Aerospace Defense Command (NORAD) und des vormaligen United States Space Command, bei einer Anhörung im US-Kongress aufgegriffen und verstärkt: „It is time to push up the ‚space superiority throttle‘. We have left this throttle at a low power setting for too long. We must ensure our continued access to space, to deny space to others when directed … This is a medium crucial to our American military operations and one we'll have to fight for in the future.“ Pete Teets brachte diese Neuausrichtung auf eine knappe Formel: „I believe that weapons will go into space. It's a question of time. And we need to be at the forefront of that.“ (Zitiert nach Hitchens 2002b, S. 2)

Die oppositionellen Demokraten schienen sich zunächst den ambitionierten Plänen der Bush-Administration zu widersetzen. So bemerkte der Führer der demokratischen Fraktion Tom Daschle zu den Ideen von Verteidigungsminister Donald Rumsfeld für eine Weltraumbewaffnung:

„I think putting weapons in space may be the single dumbest thing I've heard so far from this administration. It would be a disaster for us to put weapons in space of any kind under any circumstances. I think Democrats will be universally opposed to doing something as foolish as that. It only invites other countries to do the same thing and opens up a whole new array of challenges and threats to national security, the likes of which this administration hasn't even begun to think about.“ (Zitiert nach IFSH 2002, S. 164)

Auch nach dem 11. September 2001 bleibt die Oppositionsfraktion skeptisch bezüglich einer allzu schnellen Gangart. So schlug Senator Robert C. Byrd ein Moratorium für alle Weltraumprogramme der USA vor, das auch für eine intensive Diskussion genutzt werden sollte:

„I believe that it would be both wise and prudent to back off just a little bit on the accelerator that is driving us in a headlong and fiscally spendthrift rush to deploy a national missile defense and to invest billions into putting weapons in space and building weapons designed to act in space. That heavy foot on the accelerator is merely the stamp and roar of rhetoric. The threat does not justify the pace. Our budget projections cannot support the pace. Let us continue to study the matter. Let us continue to conduct research. But the threat, as I say, does not justify the pace at which we are travelling.“ (Zitiert nach IFSH 2002, S. 206)

Laut T. Hitchens ist aber das Interesse im US-Kongress an weltraumgestützten Systemen und Waffen durch Überlegungen der Entwicklung von „erdeindringenden Waffen“[1] zur Zerstörung von gehärteten und unterirdischen Zielen gestiegen und hat damit den Bemühungen des Pentagon um „force application from space“ Auftrieb verschafft. Das „Air Force Research Laboratory“ hat mit einer Studie für einen neuen „Erdpenetrator-Sprengkopf“ begonnen, der auf das von der US Air Force vorgeschlagene „Common Aerospace Vehicle“ (CAV) aufsetzbar sein soll (s. a. Kapitel IV). Das CAV ist ein manövrierbarer Wiedereintrittskörper, der von einem Satelliten im LEO ausgesetzt werden könnte und mit verschiedenen Submunitionen für verschiedene Missionen ausgestattet sein könnte (Hitchens 2001, S. 6).

In einem Beitrag für die Zeitschrift „Foreign Affairs“ hat Verteidigungsminister Donald Rumsfeld die Schlüsselrolle des Weltraums nochmals nachdrücklich herausgestrichen. Das wesentliche „Transformationsziel“ für künftige US-Streitkräfte sei es, „to maintain unhindered access to space, and to protect our space capabilities from enemy attack“ (Rumsfeld 2002, S. 27).

Die Diskussionen und Aktivitäten der letzten Zeit sind starke Indizien dafür, dass durch die Bush-Administration die Weichen für eine künftige verstärkte militärische Nutzung des Weltraums gestellt werden. Nach der Aufkündigung des ABM-Vertrages ist nunmehr Raum dafür, das Ziel der Transformation der Streitkräfte auch auf der Ebene des Weltraums zu realisieren.

4. Fazit

Seit Mitte der 1990er-Jahre, und zunehmend intensiver seit dem Amtsantritt von Präsident George W. Bush, stellt der Weltraum (einschließlich dem dazugehörigen Bodensegment) für Politik und Militär in den USA eine zentrale zivile und militärische Ressource dar. Seine militärische Nutzung eröffnet aus ihrer Sicht zahlreiche attraktive Optionen zur Gewinnung und Sicherung der Informationshoheit, zu Prävention, zur Abschreckung und zur Kriegsführung. Die technologischen und militärischen Fähigkeiten und Möglichkeiten der USA, die auf der jetzigen und zukünftigen Nutzung des Weltraums beruhen, werden von diesen zugleich als in hohem Maße verwundbar betrachtet. Aufgrund dieser Gefährdungen insbesondere der Satellitensysteme durch potenzielle Kontrahenten (einschließlich terroristischer Gruppierungen) werden finanzielle, technologische und organisatorische Anstrengungen unternommen, um die bestehenden Möglichkeiten und Fähigkeiten zu nutzen, auszubauen und zu schützen. Darüber hinaus sollen im nationalen Interesse neue Optionen zur defensiven, aber auch zur offensiven Nutzung des Weltraums als Medium der Kriegführung geschaffen werden. Weltraumwaffen sind nunmehr eine ernsthafte Option geworden.

Die ins Auge gefassten Optionen benötigen in erheblichem Maße eine technologische Basis, die in weiten Bereichen durch gezielte Forschungs- und Entwicklungsanstrengungen geschaffen werden soll. Diese Aktivitäten der USA sind Gegenstand des nächsten Kapitels.

III. Technologien für die militärische Nutzung des Weltraums

Wie der Gang durch die offizielle sicherheitspolitische und strategische Diskussion in den USA in Kapitel II gezeigt hat, gewinnt der Weltraum als neues Medium für militärische Aktivitäten eine bislang nicht gekannte Bedeutung. Die relevanten Dokumente zeigen auch, dass aus der Sicht von Politik und Streitkräften neue Technologien die Schlüsselrolle spielen. Insbesondere die angestrebten Fähigkeiten zu „space control“ und „space force application“ basieren auf der Prämisse einer ausgereiften Basis von Technologien und wehrtechnischen Systemen. Im Folgenden wird – zunächst aus der Perspektive der militärischen Leitbilder und

[1] Die „Defense Threat Reduction Agency“ hat ein „Advanced Concept Technology Demonstration“ (ACTD)-Programm aufgelegt, bei dem eine ballistische Rakete (Tactical Missile System – Penetrator ACTD) mit einem in die Erde eindringenden Sprengkopf entwickelt werden soll (Hitchens 2001, S. 5).

Schlüsselfunktionen – die zu deren Umsetzung erforderliche Technologiebasis beschrieben. Hierzu werden in Kapitel III.1 die augenblicklichen Forschungs- und Entwicklungsprogramme im Einzelnen analysiert. Kapitel III.2 zeigt danach – mit einem rein technologischen Fokus – die zentralen Schlüsseltechnologien militärischer Weltraumnutzung im Überblick.

Im bereits in Kapitel II erwähnten Langzeitplan des damaligen US Space Command (USSPACECOM 1998) wurden vier zentrale Felder als Leitbilder („operational concepts") für die Entwicklung der militärischen Fähigkeiten im Weltraum genannt: Kontrolle des Weltraums, weltweiter Einsatz, volle Integration der Streitkräfte sowie globale Partnerschaften. Zur Konkretisierung dieser Leitbilder werden im Space Technology Guide (DoD 2000, S. 3-2) die folgenden Einsatzbereiche („space mission areas") definiert, die sowohl den operativen Fokus als auch die Technologiebasis für künftige militärische Weltraumaktivitäten aufzeigen sollen:

- Raumtransport
- Satellitenoperationen
- Aufklärung/Überwachung
- Führung/Kommunikation
- Positionsbestimmung, Navigation, Zeitgebung
- Umweltmonitoring
- Gewaltanwendung[2]

Diese „mission areas" werden im Folgenden auf ihre technologische Basis hin untersucht.

1. Technologien, Systeme und Entwicklungsprogramme

Zur Darstellung der breit gefächerten technologischen Grundlagen werden in acht militärischen Funktionsbereichen vorhandene und geplante Systeme beschrieben und der Stand ihrer Entwicklung beleuchtet. Am ausführlichsten werden Systementwicklungen in den USA behandelt. Zum einen, da in den meisten Feldern die USA eine deutliche Technologieführerschaft aufweisen und dadurch die technologischen Perspektiven besser veranschaulicht werden können, zum anderen, da die Informationsgrundlage zu Entwicklungen in den USA wesentlich breiter und transparenter ist als z. B. für Russland.

1.1 Raumtransport

1.1.1 Antriebe

Allgemeines/Technik

Ein begrenzender Faktor beim Raumtransport ist die Startmasse einer Rakete, die in der Regel mehr als hundertfach höher als die Masse der Nutzlast ist. Durch die Entwicklung leichterer Strukturwerkstoffe kann die Startmasse wesentlich verringert werden. Auch ist eine beträchtliche Verringerung erreichbar, wenn der zur Verbrennung benötigte Sauerstoff so lange wie möglich der Atmosphäre entnommen wird, statt ihn mitzutransportieren. Weitere Möglichkeiten zur Gewichtsverringerung bieten horizontal startende Systeme, die auch den aerodynamischen Auftrieb zur Höhengewinnung nutzen. Da mit Strahltriebwerken die für eine Erdumlaufbahn erforderliche Geschwindigkeit nicht erreicht werden kann, müssen sie durch Raketentriebwerke ergänzt werden.

Um Nutzlasten aus niedrigeren in höhere (z. B. geostationäre) Umlaufbahnen oder gar aus dem Schwerefeld der Erde hinaus zu transportieren, kann die Energieabstrahlung der Sonne genutzt werden. So werden derzeit verschiedene Arten von mit Solarenergie betriebenen Rückstoßantrieben erprobt. Beim solarthermischen Bahntransfergerät (Solar Orbit Transfer Vehicle, SOTV) von Boeing und US Air Force wird das Sonnenlicht auf einen Graphitblock gebündelt. Mitgeführter flüssiger Wasserstoff wird dort verdampft und erzeugt Schub.

Zum Start eines Raumtransportsystems kommen auch Katapulte infrage, deren Energieerzeugung vollständig am Erdboden erfolgt. Derzeit werden Magnetschwebe- und Heißwasserraketen-Katapulte untersucht.

Eine weitere Möglichkeit, Nutzlasten in einer Umlaufbahn zu beschleunigen (oder zu verlangsamen), bieten elektrodynamische Weltraumseile. Diese befinden sich im Versuchsstadium. In einem zwischen zwei Objekten in der Erdumlaufbahn ausgespanntem Seil wird durch das Erdmagnetfeld eine Spannung induziert. Durch Elektronenaustausch mit dem Plasma der Ionosphäre kann ein Strom fließen, der das Seil erwärmt. Die Wärmeenergie wird der Bahnbewegung entzogen, sodass das Seil als Bremse wirkt. Leitet man einen z. B. photovoltaisch gewonnenen Strom in Gegenrichtung durch das Seil, so wird das Raumfahrzeug beschleunigt, ohne dass Rückstoßmasse mitgeführt werden muss. Wichtigstes Problem bei Weltraumseilen ist neben der Festigkeit des Materials die Beständigkeit bei Treffern durch Mikrometeoriten.

Eine Form des Antriebs, bei dem keinerlei zusätzliche Masse mitgeführt werden muss, sind so genannte Lichtflugkörper (Lightcrafts). Bei Bestrahlung mit einem Hochenergielaser oder mit Hochleistungsmikrowellen vom Boden aus wird die Luft unter diesen speziell geformten Flugkörpern explosionsartig erhitzt und expandiert, oder sie wird ionisiert und das Plasma wird mit starken Magnetfeldern nach unten gelenkt. Damit lassen sich theoretisch Geschwindigkeiten erreichen, die zum Erreichen einer Umlaufbahn genügen.

Vorhandene/geplante Systeme

Es gibt international intensive Bemühungen, Antriebstechnologien weiterzuentwickeln:

Bei der Kombirakete (Rocket-Based Combined Cycle, RBCC), die derzeit von Boeing/NASA (National Aeronautics and Space Administration) entwickelt wird, ist eine Rakete in ein Staustrahlrohr so eingebaut, dass ein Teil des für die Verbrennung benötigten Sauerstoffs der Luft entnommen wird. Dies erhöht die Leistung der Rakete um 15 %. Bei ca. Mach 2 (doppelte Schallgeschwindigkeit, ca. 2 440 km/h) schaltet das System dann auf konventionellen Staustrahlbetrieb um, sodass der Sauerstoff vollständig aus der Atmosphäre stammt, um dann bei ca. Mach 10 und in großer Höhe auf konventionellen Raketenantrieb zu wechseln.

Der so genannte Klin-Zyklus (russ.: „Keil") beruht auf einer Kombination eines Turbojettriebwerks mit einem Flüssigtreibstoff-Raketenmotor. Der als Treibstoff dienende flüssige Wasserstoff wird zunächst dazu verwendet, die Ein-

[2] Zusätzlich wird noch „Kontrolle des Weltraums" als „mission area" genannt. Wir folgen hier jedoch der Systematik im Langzeitplan (USSPACECOM 1998), die „Kontrolle des Weltraums" als Leitbild einstuft.

trittsluft des Turbojets tief herunterzukühlen. Dadurch kann bei erheblich einfacheren und leichteren Bauteilen ein hohes Kompressionsverhältnis erzielt werden. Dabei wird der Raketentreibstoff vorgeheizt, was auch den Schub der Rakete bei unveränderter Konstruktion erhöht. Die so erreichte Gewichtseinsparung und das hohe Schub-Gewichts-Verhältnis sollen kleine einstufige sowie wiederverwendbare zweistufige Raumtransportsysteme ermöglichen. Bis Mach 1,5 arbeiten dabei beide Triebwerke, bis Mach 4 wird der Schub dann alleine durch den Turbojet geliefert. Der danach zunehmend dazugeschaltete Raketenmotor übernimmt ab Mach 6 vollständig die Schuberzeugung.

Bei den Staustrahltriebwerken steht im Mittelpunkt der Entwicklungsbemühungen das Erreichen von Hyperschallgeschwindigkeit (> Mach 7). Dies ist nur durch Staustrahltriebwerke mit Überschallverbrennung (Supersonic-Combustion Ramjets, Scramjets) möglich, die theoretisch sogar Erdorbitalgeschwindigkeit erreichen könnten. Tests mit Scramjet-Experimentalflugzeugen und -projektilen haben 2001 in den USA (X-43A der NASA, kanonenverschossener Scramjet der USAF) und in Australien („Hyshot“ der Universität Queensland) begonnen.

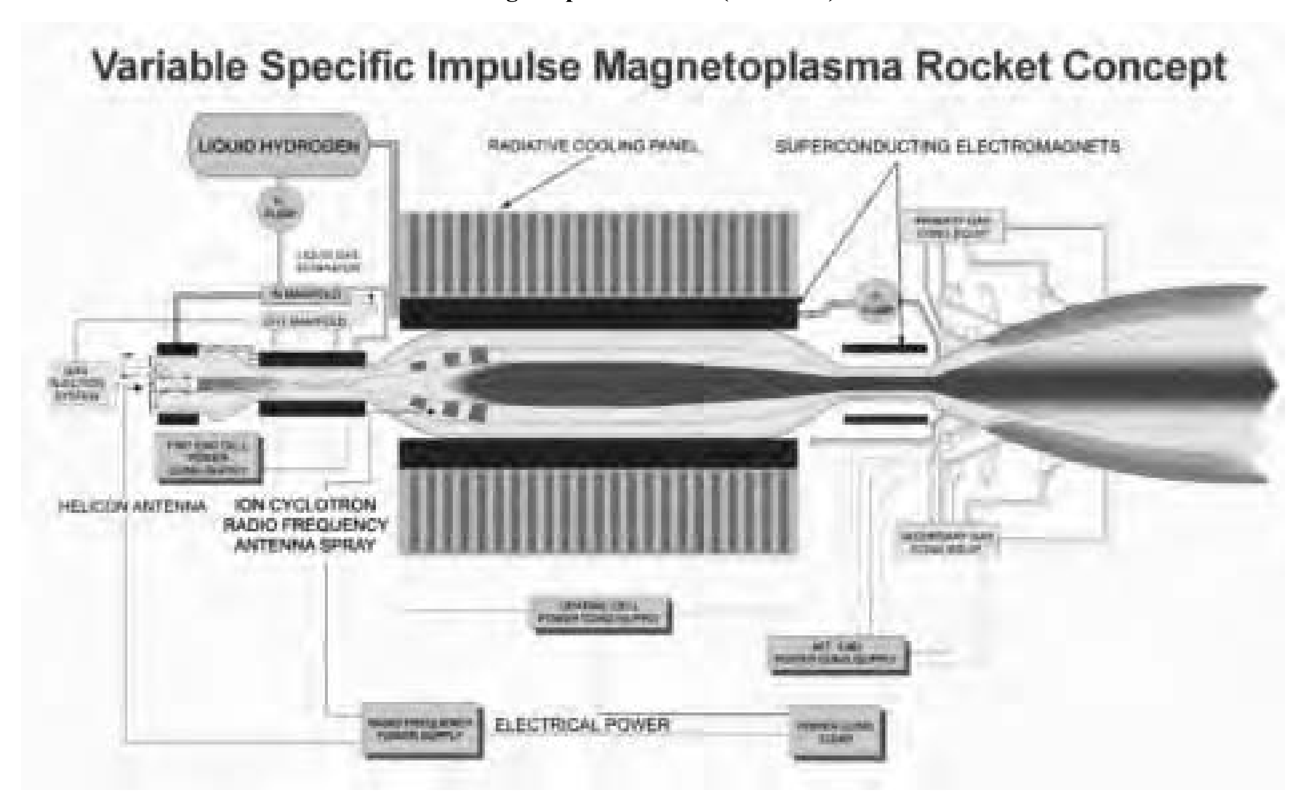
Das Konzept für das geplante indische Raumflugzeug AVATAR (Aerobic Vehicle for Advanced Trans-Atmospheric Research) sieht vor, den gesamten flüssigen Sauerstoff für die raketengetriebene exoatmosphärische Phase des Fluges erst während des Scramjet-Betriebs aus der Atmosphäre zu gewinnen. So kann das Startgewicht erheblich reduziert werden.

Der Sauerstoff der Atmosphäre kann aber auch mit herkömmlichen Turbojet-Triebwerken genutzt werden. Das kann in Kombination mit Raketentriebwerken an einstufigen Raumgleitern erfolgen, durch den Start von Raketen von Flugzeugen aus (z. B. Pegasus, angeboten von Orbital Science Corp., USA) oder durch Huckepack-Transport oder Schleppen eines Raumgleiters mit einem konventionellen Flugzeug in große Höhe. Zur Gewichtseinsparung wird auch das Auftanken mit flüssigem Sauerstoff in großer Höhe erwogen.

Beim Ionenantrieb der 1998 gestarteten interplanetaren NASA-Raumsonde Deep Space 1 wird Xenon mit photovoltaisch gewonnener Elektrizität ionisiert und elektrostatisch beschleunigt. Die Magnetoplasmarakete (Variable-Specific-Impulse Magnetoplasma Rocket, VASIMR) der NASA erzeugt ein Wasserstoffplasma, das durch Magnetfelder erhitzt und beschleunigt wird (Abbildung 1). Es gibt Bestrebungen, den Magnetoplasmaantrieb in der Internationalen Raumstation (International Space Station, ISS) zu testen, um ihre Abbremsung durch die Atmosphäre auszugleichen. Für weiterentwickelte Magnetoplasmaantriebe mit hoher Leistung (z. B. für bemannte Marsflüge) wäre voraussichtlich eine Energieversorgung mittels Kernspaltungsreaktoren erforderlich.

Abbildung 1

Magnetoplasmarakete (VASIMR)



Quelle: NASA 2003

1.1.2 Raumtransportsysteme

Allgemeines/Technik

Zur Verbringung von Nutzlasten in stabile Erdumlaufbahnen und darüber hinaus sind kostengünstige und zuverlässige Transportsysteme nötig. Insbesondere beim Transport von Satelliten in geostationäre und seit kurzem auch in niedrige Umlaufbahnen gibt es einen starken internationalen Wettbewerb.

Vor allem aus Kostengründen geht die Entwicklung deshalb bei den nach wie vor vorherrschenden unbemannten mehrstufigen Verlustraketen zu immer größeren Nutzlasten, was die Verbringung mehrerer großer Satelliten pro Träger ermöglicht. Gleichzeitig werden in der Folge von Abrüstungsmaßnahmen freigewordene strategische Raketen der Supermächte zunehmend zu preisgünstigen Satellitentransportsystemen umgerüstet, die insbesondere das Marktsegment um 1 t Nutzlast bedienen können. Dadurch wird die Entwicklung neuartiger Trägersysteme gehemmt und der Kostendruck auch auf die zweite Klasse von existierenden Systemen, die teilweise wiederverwendbare Raumfähre, erhöht.

Die meisten Transportsysteme können sowohl militärisch als auch zivil genutzt werden. Für eine militärische Weltraumnutzung ist allerdings die kurzfristige Verfügbarkeit von Raumtransportsystemen wichtig, um schnell auf Lageveränderungen reagieren zu können („launch on demand“), etwa durch Platzierung zusätzlicher Satelliten. Dies ist momentan bei unbemannten Verlustsystemen besser gewährleistet, da keine Zwischenwartung erforderlich ist. Langfristig wird aus ökonomischen Gründen angestrebt, Raumtransportsysteme vollständig wiederverwendbar zu gestalten. Zudem soll die zwischen Landung und Neustart benötigte Wartungszeit auf eine Zeitspanne verkürzt werden, wie sie im Flugverkehr üblich ist.

Neuartige Triebwerke wie die zuvor erwähnten Scramjets sollen langfristig einstufige, vollständig wiederverwendbare Raumtransporter ermöglichen, die Nutzlasten zu deutlich reduzierten Preisen befördern können sollen. Demonstratoren der amerikanischen Industrie für solche Konzepte, die teils horizontal, teils vertikal starten oder landen, haben bereits Testflüge absolviert (z. B. Roton, X-33/Venture Star). Die genannten Programme wurden allerdings mittlerweile eingestellt.

Effektivere Antriebskonzepte sollen auch komplexere Missionen ermöglichen, z. B. Inspektions- und Wartungsmissionen, die zeitweise Verwendung der obersten Transporterstufe mehrstufiger Raumfahrzeuge als Satellit in wechselnden Bahnen, der Transport von militärischem Personal oder die Anwendung militärischer Gewalt binnen Stunden an jedem Punkt der Erde.

Insgesamt soll der Betrieb eines Raumtransporters ähnlich flexibel möglich sein wie der eines Flugzeugs. Daher werden derartige Konzepte unter dem Begriff „Transatmosphärisches Flugzeug“ (Transatmospheric Vehicle, TAV) oder „Weltraumflugzeug“ („spaceplane“) zusammengefasst (s. Kapitel III.1.1.3).

Vorhandene/geplante Systeme

Derzeit werden zahlreiche Verbesserungen der Raumfähre (Space Shuttle) der NASA angestrebt, um transportierte Nutzlast, Lebensdauer und (vor allem) Sicherheit zu erhöhen. Die Entwicklung der russischen Raumfähre Buran („Schneesturm“) und der europäischen Hermes wurde dagegen aus Kostengründen aufgegeben. Japan entwickelt mit der HOPE X (H-II Orbiting Plane-Experimental) einen unbemannten Raumgleiter zur Versorgung der internationalen Raumstation ISS.

Bei horizontal landenden Raumgleitern werden verstärkt tragflächenlose Auftriebskörper untersucht. So ist das von der European Space Agency (ESA) und der NASA entwickelte autonome Rettungsfahrzeug (Crew Return Vehicle, CRV) – Technologie-Demonstrator ist X-38 – für die internationale Raumstation ISS als Auftriebskörper ausgeführt. In der Endphase des Gleitfluges wird das CRV durch einen Schleppsack abgebremst und schließlich durch einen Gleitschirm getragen (Abbildung 2). Als vertikale Landetechniken kommen – neben Fallschirmen, Luftkissen und Bremsraketen – Rotorblätter infrage, die sich zunächst passiv drehen und in der Endphase von kleinen Raketentriebwerken an den Enden angetrieben werden (Roton).

Abbildung 2

X-38 im Landeanflug



Quelle: NASA, nach INT 2002

Das europäisch-russische Firmenkonsortium EADS (European Aeronautic Defence and Space Company)/Lavotchkin entwickelt einen aufblasbaren Hitzeschutzschild, der nach dem Wiedereintritt in die Atmosphäre weiter aufgeblasen wird und dann als Fallschirm fungiert (Inflatable Reentry and Descent Technology, IRDT). Er soll die sichere Rückholung von oberen Raketenstufen und wissenschaftlichen Nutzlasten verbilligen. Ein erster Testflug war im Jahr 2000.

1.1.3 Transatmosphärische Flugzeuge

Allgemeines/Technik

Der einfache und schnelle Zugang zum Weltraum durch Transatmosphärische Flugzeuge (TAVs) wird in den USA als zukünftig wichtiges Mittel zum Erhalt der Überlegenheit im Weltraum und zur Sicherstellung ihrer globalen Präsenz gesehen.

Ein zweistufiges transatmosphärisches Fahrzeug könnte beispielsweise so ausgelegt sein, dass es bis z. B. 20 km Höhe Luft für die Treibstoffverbrennung ansaugt. Oberhalb der Atmosphäre würde ein Raketentriebwerk gezündet, das die weitere Beschleunigung übernimmt und das Fahrzeug auf 100 km Höhe oder mehr hebt. Vor Erreichen des Ziels würden Bremsraketen gezündet, das Fahrzeug träte wieder in die Atmosphäre ein und könnte dann wie ein Flugzeug zum Ziel gesteuert werden. Dabei muss es nicht mehr unbedingt angetrieben werden, da es viel eigene Geschwindigkeit mitbringt; es könnte – wie das US-Space-Shuttle – zu einem Landeplatz gleiten und dort landen. Zwar wäre der Aktionsradius begrenzt, der Vorteil wäre aber, dass nicht noch zusätzlicher Treibstoff erst in den Weltraum gebracht und dann wieder abgebremst werden muss.

Die größten technologischen Herausforderungen für den Bau von TAVs liegen sowohl bei luftatmenden als auch bei Raketentriebwerken in der Antriebstechnologie und im aerodynamischen Design für den Flug im Hyperschallbereich. Antriebssysteme müssen für Einsätze über große Entfernungen sehr leicht und zuverlässig sein. Luftatmende Staustrahlantriebe (Ramjet und Scramjet) werden hier vermutlich erstmals eine Rolle spielen. Für die Struktur und Außenhaut eines TAV müssen leichte Hochtemperaturmaterialien entwickelt werden.

Wegen vielfältiger technologischer Hürden ist vorerst nicht mit luftatmenden einstufigen Raumtransportern (SSTO, Single-Stage-To-Orbit) zu rechnen. Sie sind aber weiterhin ein Fernziel. Auch Konzepte, bei denen eine zweite Stufe von einem kommerziellen Flugzeug aus gestartet wird, sind vor allem wegen zu geringer erreichbarer Nutzlast nicht zu erwarten. Mehrstufige Systeme sind dagegen beim derzeitigen Stand der Technologie möglich. Die unteren Stufen können dabei sowohl wiederverwendbar als auch Einwegsysteme sein.

Vorhandene/geplante Systeme

In den USA gibt es seit ca. 40 Jahren Programme zur Definition, Erforschung und Entwicklung der für Transatmosphärische Flugzeuge notwendigen Technologien. In mehreren Studien wurden sowohl der Bedarf für TAVs abgeleitet als auch Systemvorschläge erarbeitet. Als Reaktion auf diese Programme ordnete die sowjetische Regierung 1986 die Entwicklung eines äquivalenten Raumflugzeugs für militärische Zwecke an. Dieses Projekt wurde inzwischen eingestellt. In Europa, Japan und Indien beschäftigt man sich mit TAVs eher unter dem Aspekt ziviler und damit wirtschaftlicher Nutzung.

Im Rahmen des Programms Aerospace Operations Vehicle (AOV) lässt die US-Luftwaffe die kritischen Technologien für zukünftige militärische Raumflugzeuge entwickeln. Diese Technologien sollen an Demonstratoren getestet werden. Außerdem soll auf diese Weise eine konkurrenzfähige Industriebasis für militärische Raumfahrzeuge erhalten werden.

Der von der US Air Force und von Boeing betriebene Technologiedemonstrator X-40A (Abbildung 3, S. 26) und dessen Nachfolger X-37 dienen zur Entwicklung des Space Maneuver Vehicle (SMV), eines Raumfahrzeugs mit Antrieb, das z. B. als obere Stufe eines zweistufigen Systems eingesetzt werden könnte. Durch seinen großen Treibstoffvorrat sollen schnelle Orbitwechsel möglich sein. Ein solches System könnte für Missionen wie taktische Aufklärung, schnelles Füllen von Lücken in Satellitenkonstellationen oder Identifikation und Überwachung von Weltraumobjekten genutzt werden.

Ein operationelles SMV könnte folgende Eigenschaften haben:

– bis zu 540 kg Nutzlast,

– weniger als 72 Stunden Verweildauer zwischen Missionen,

– bis zu zwölf Monate Missionsdauer im Orbit,

– schnelle Rückkehrfähigkeit sowie

– hohe Manövrierfähigkeit im Orbit und dadurch die Möglichkeit zum Ändern von Inklination und Höhe sowie hohe Überlebensfähigkeit.

In der Studie „Star Tek – Exploiting the Final Frontier: Counterspace Operations in 2025“ (Zielinski et al. 1996) der US Air University wird das Konzept eines horizontal startenden und landenden einstufigen Transatmosphärischen Flugzeugs, das bis in den niedrigen Erdorbit vordringen kann („Alpha Strikestar“) untersucht. Ein solches einstufiges Konzept stellt ausgesprochen hohe Anforderungen an die Antriebstechnologie und die verwendeten Materialien, mit deren Erfüllung erst langfristig zu rechnen ist. Zu den Missionen gehört das Stören und Zerstören von Satelliten, das Einfangen gegnerischer Satelliten und deren Transport zur Erde oder in eine nutzlose Umlaufbahn. Außerdem soll Alpha Strikestar mit Präzisionswaffen Bodenziele auf der ganzen Welt innerhalb kurzer Zeit bekämpfen können. Das Fahrzeug wäre mit Selbstschutzmaßnahmen und elektrooptischen Sensoren zur Schadensanalyse ausgerüstet.

Alpha Strikestar soll eine sofortige weltweite Reaktion auf Krisen ermöglichen. Es soll die Fähigkeit haben, in den niedrigen Erdorbit zu fliegen und von dort zum Waffeneinsatz in die Erdatmosphäre einzutreten. Danach soll das System wieder in den Orbit zurückkehren, von dort den verursachten Schaden analysieren und ggf. ein weiteres Mal das Ziel angreifen.

Abbildung 3



X-40A, Technologiedemonstrator von USAF/Boeing für ein Space Maneuver Vehicle im freien Gleitflug



Quelle: NASA nach INT 2002

1.2 Satellitenoperationen

Der erste künstliche Erdsatellit, der sowjetische Sputnik 1, startete am 4. Oktober 1957. Seither sind über 5 000 Satelliten in eine Erdumlaufbahn gebracht worden. Die besonderen Umgebungsbedingungen im Weltall – niedriger Druck, Temperatur, kosmische Strahlung, Schwerelosigkeit, Meteoriten und Restgasteilchen – bedingen spezifische Anforderungen an Materialien und Technologien.

Vor allem während der Startphase ist ein Satellit großen mechanischen Belastungen ausgesetzt. Zusätzlich erfährt er kurzzeitige stoßartige Belastungen durch das Ausbrennen und Absprengen von Raketenstufen sowie durch den Zündvorgang der nächsten Stufe.

Bei der Materialwahl ist zu berücksichtigen, dass keine Werkstoffe verwendet werden, die zu Spannungsrisskorrosion neigen. Unterschiedliche Materialien dürfen nur verbunden werden, wenn sich ihre elektrochemischen Potenziale um weniger als 0,5 V unterscheiden. Darüber hinaus ist zu beachten, dass im Vakuum Sublimation und Ausgasung von Werkstoffen nicht nur zu Materialverlusten führen, sondern auch zu einer Kontamination von Oberflächen kälterer Bauteile. Dabei können sowohl elektrische und optische als auch mechanische Materialeigenschaften verändert werden, was zu Störung oder Ausfall von Instrumenten führen kann.

Weiterhin muss berücksichtigt werden, dass an einem Satelliten extreme Temperaturunterschiede zwischen der der Sonne zugewandten Seite und der der Sonne abgewandten Seite auftreten. Eine passive Temperaturkontrolle kann durch geeignete Oberflächenbeschichtungen realisiert werden, eine aktive Temperaturkontrolle kann z. B. durch Verwendung von mechanischen Elementen, die die elektrooptischen Eigenschaften der Oberflächenbeschichtungen ändern (z. B. thermische Rollos), elektrische Heizer oder Kältemaschinen (z. B. Peltierelemente) erfolgen.

Satelliten sind zudem auf ihren Umlaufbahnen der kosmischen Strahlung ausgesetzt. Diese besteht u. a. aus energiereichen Elementarteilchen, aber auch aus schweren Atomkernen. Die Strahlung kann die Materialeigenschaften dauerhaft verändern, was zu verfrühter Funktionsunfähigkeit führen kann. Metallische Spiegel sind zwar gegenüber UV- und eindringender Strahlung weitgehend unempfindlich, unterliegen aber der Erosion durch Mikrometeoriten und der Zerstäubung durch hoch energetische Teilchen. Bei allen transparenten Werkstoffen (z. B. Gläser, Quarz, Saphir und verschiedene Polymere) führt ein Teilchenbeschuss zur Zerstäubung und Erosion und zum Verlust an Transparenz. Durch die Verwendung von Spezialgläsern oder resistenten Schutzfilmen kann dem entgegengewirkt werden.

Anders als im GEO ist die Wechselwirkung des Satellitenmaterials mit hoch energetischen Protonen und Elektronen auf Umlaufbahnen im LEO nicht zu vernachlässigen. Ähnliche Strahlenbelastungen bestehen bei polaren Orbits. Neben dem zeitlich konstanten Sonnenwind treten in unregelmäßigem Abstand Sonneneruptionen (Solar Flares) auf, die das Erdmagnetfeld deformieren können, was dazu führen kann, dass Satelliten ihre Orientierung verlieren oder von der Bahn abkommen.

Eine weitere Gefahr für Satelliten stellt der Weltraumschrott („space debris“) dar. Experten schätzen die Zahl der Teile, die größer als 1 cm sind, in den verschiedenen Erdumlaufbahnen auf ca. 100 000. Zu diesen gehören u. a. ausrangierte Satelliten, Raketenstufen, Trümmerteile und ausgestoßene Aluminiumteilchen von Feststofftriebwerken. Von Radarstationen und optischen Teleskopen aus werden täglich etwa 10 000 größere Objekte im Weltraum beobachtet, davon sind nur etwa 600 funktionierende Satelliten.

Aus diesem Grund diskutiert das IADC (Inter-Agency Space Debris Coordination Committee) (s. a. Kapitel V) die Möglichkeit, ausgediente geostationäre Satelliten auf einen höheren „Friedhofsorbit“ zu befördern, wo funktionierende Flugkörper nicht beeinträchtigt werden. Die Satelliten auf erdnahen Umlaufbahnen sollen dagegen kontrolliert zum Absturz gebracht werden und in der Erdatmosphäre verglühen. Dazu könnte an Satelliten ein elektrisch leitendes Seilpaket (s. Kapitel III.1.2.1) angebracht werden, das sich nach Abschluss der Mission oder bei einer Funktionsstörung entrollt und durch Wechselwirkung mit dem Erdmagnetfeld eine Bremskraft erzeugt. Eine weitere Option zur Beseitigung größerer Bruchstücke ist der Einsatz von autonomen Kleinsatelliten. Diese sollen den Weltraumschrott erkennen, an diesen andocken, ihn langsam abbremsen und mit ihm in der Erdatmosphäre vollständig verglühen.

Im Folgenden werden die für Satellitenoperationen notwendigen Technologien und Systeme im Einzelnen diskutiert. Alle diese Technologien werden ständig weiterentwickelt. Besonders der gegenwärtige Trend zu Kleinsatelliten hat das Potenzial, größere Veränderungen bei Satellitenoperationen zu bewirken.

1.2.1 Energieversorgung

Allgemeines/Technik

Prinzipiell werden vier Arten von Energiequellen genutzt: chemische Energie (Batterien, Brennstoffzellen), Sonnenenergie (Solarzellen), Nuklearenergie (Atomreaktoren, Radioisotopen-Generatoren), elektrodynamische Energie (Wechselwirkung mit dem Erdmagnetfeld). Heutige Satelliten arbeiten in der Regel mit einer Kombination aus Batterien und Solarzellen, wobei die Batterien als Zwischenspeicher dienen, wenn sich der Satellit im Erdschatten befindet.

In Brennstoffzellen wird elektrische Energie üblicherweise durch Reaktion von Wasserstoff mit Sauerstoff zu Wasser erzeugt. Ihre Vorteile liegen in der von der Sonnenexposition unabhängigen Energieversorgung, der hohen Energiedichte und der gegenüber Sonnenpaddeln kompakten Bauweise. Der Nachteil ist aber, dass der Treibstoff mitgeführt werden muss.

Eine weitere mögliche Energiequelle, um den Energiebedarf von Satelliten zu decken, sind Kernreaktoren. Sie sind besonders in den Fällen geeignet, in denen der Satellit hauptsächlich auf der Nachtseite der Erde operieren soll oder der Energiebedarf sehr hoch ist. Mit so genannten Radioisotopen-Generatoren (Radioisotope Thermoelectric Generator, RTG) kann elektrische Energie mittels thermoelektrischer Wandler (Peltierelemente) aus der Zerfallswärme von radioaktiven Materialien (in der Regel Plutonium 238) gewonnen werden. Diese Art der Energieversorgung ist beispielsweise bei den Raumsonden Cassini und Galileo im Einsatz. Allerdings ist die Verwendung von Kernenergie für Satellitensysteme problematisch, da nicht auszuschließen ist, dass kontaminierte Teile eines Satelliten auf die Erde stürzen können.

Zur kurzzeitigen Energiegewinnung lässt sich auch das Konzept des elektrodynamischen Weltraumseils verwenden. Zur dauerhaften Energieerzeugung sind Weltraumseile jedoch nicht geeignet, da die Energie der Bahnbewegung entzogen wird und das Seil damit als Bremse wirkt (vgl. Kapitel III.1.1.1).

Vorhandene/geplante Systeme

Die elektrodynamische Energieerzeugung mit einem Weltraumseil befindet sich in der Testphase. Bei einem Test 1996 mit einem Space Shuttle riss nach etwa fünf Stunden, kurz vor dem Erreichen der maximalen Länge, das Haltekabel. Bis zu diesem Zeitpunkt konnte eine maximale Spannung von 3 500 V und eine maximale Stromstärke von 480 mA erzeugt werden. Alle anderen oben genannten Systeme zur Energieversorgung befinden sich standardmäßig im Einsatz und werden kontinuierlich weiterentwickelt.

1.2.2 Antrieb

Allgemeines/Technik

Um Satelliten auf ihrer Sollbahn bzw. in bestimmter räumlicher Orientierung halten zu können, ist eine Positionskorrektur in regelmäßigen Abständen notwendig. Bisher wurden dazu vor allem chemische Antriebe verwendet.

Satelliten, die sowohl Treibstoff als auch Oxidator mitführen müssen, lassen sich mit dieser Methode bis zu ca. zehn Jahre stabilisieren. Deshalb wird über die Entwicklung von Tankrobotern zum Auftanken solcher im Prinzip noch einsatzfähiger Satelliten nachgedacht. So genannte hypergole Treibstoffe zünden bereits bei Kontakt der Komponenten und eignen sich daher besonders für Antriebe, die häufig gezündet werden müssen und nicht betankt werden können. Sie zeichnen sich durch eine gute Lagerfähigkeit aus.

Insgesamt geht die Tendenz aber dahin, chemische Primärenergie durch andere Energieformen zu ersetzen. Die zurzeit effektivsten Verfahren nutzen elektrische Energie als Zwischenglied zur Erzeugung kinetischer Strahlenergie. In elektrischen Antrieben wird der Treibstoff ionisiert und durch elektrische bzw. magnetische Felder beschleunigt. Dabei werden erheblich größere Strahlgeschwindigkeiten erreicht als mit chemischen Antrieben. Das führt zu einer großen Ersparnis an Treibstoff und ermöglicht entweder die Verlängerung der Missionsdauer oder die Verringerung der Satellitenmasse.

In elektrostatischen Triebwerken werden Ionen durch ein an ein Gitter angelegtes elektrisches Feld beschleunigt und ausgestoßen, wobei dem Abgasstrahl die entzogenen Elektronen wieder zugeführt werden. Hierfür werden chemische Elemente verwendet, die leicht verdampfbar und ionisierbar sind und ein hohes Molekulargewicht besitzen, wie z. B. Xenon. Der innere Wirkungsgrad dieser Triebwerke liegt bei etwa 70 bis 80 %.

Hall-Effekt-Antriebe erzeugen Schub ebenfalls durch den Ausstoß beschleunigter Ionen. Die Beschleunigung erfolgt mit einer Kombination aus elektrischen und magnetischen

Feldern. Der innere Wirkungsgrad ist geringer als bei Ionenantrieben mit Gittern. Hall-Effekt-Antriebe sind dafür aber verschleißfrei und haben deshalb eine weitaus größere Lebensdauer.

Bei elektromagnetischen Triebwerken wird der Treibstoff zunächst in ein Plasma umgewandelt und dieses anschließend durch ein elektromagnetisches Feld beschleunigt. Der innere Wirkungsgrad beträgt 40 bis 50 %.

Lichtbogentriebwerke (Arcjets) bilden den Übergang von rein elektrischen zu thermischen Schuberzeugern. Der an Bord gelagerte, flüssige oder gasförmige Treibstoff wird nach seiner chemischen Zersetzung im Lichtbogen zusätzlich aufgeheizt und durch thermodynamische Expansion als kinetische Energie freigesetzt. Arcjets sind Niedrigschub-Triebwerke (innerer Wirkungsgrad 15 bis 20 %), die im kontinuierlichen oder gepulsten Betrieb zur Bahn- und Lageregelung eingesetzt werden können.

Bei nuklearthermischen Antrieben wird das Antriebsmedium (z. B. Wasserstoff oder Helium) an den heißen Brennelementen des Kernreaktors erhitzt und anschließend in der Düse entspannt. Die Anforderungen an das eingesetzte Material sind aufgrund der hohen Temperaturen weitaus höher als bei anderen Triebwerken.

Auch der Einsatz von Sonnensegeln, die den Impulsübertrag von Photonen, die auf eine reflektierende Fläche treffen, ausnützen, ist denkbar. Beim Sonnensegel wird der Flugkörper langsam, aber kontinuierlich in Bewegung gesetzt. Mit einem auf der Erde installierten Laser wäre es möglich, eine Segelfläche mit einem Vielfachen der Sonnenenergie zu bestrahlen, sodass ein Flugkörper entsprechend schneller beschleunigt werden kann. Nachteilig ist allerdings, dass relativ zum Schub eine sehr hohe Strahlungsleistung benötigt wird, die zurzeit technisch noch nicht realisiert ist.

Ebenso könnte ein Laser zum Erhitzen von Treibstoff verwendet werden, indem man den Strahl durch lichtdurchlässige Fenster (z. B. Diamant) auf einen kleinen Punkt in der Brennkammer fokussiert. Verglichen mit der Sonne als Energiequelle, kann ein Laser auf einer kleinen Fläche erheblich höhere Hitze erzeugen.

Zur Bewegung von Lasten könnte auch das „Tethered Satellite“-System eingesetzt werden. Sind beispielsweise zwei Satelliten mit einem Seil verbunden, so kann der eine den anderen durch Impulsübertragung (Steinschleuderprinzip) in eine höhere Umlaufbahn befördern.

Vorhandene/geplante Systeme

Elektrostatische Triebwerke wurden bereits erprobt und finden z. B. auf dem geostationären europäischen Satelliten Artemis Einsatz. Dort wurden sie erstmals auch zum Anheben des Satelliten auf seine Sollbahn eingesetzt, obwohl sie ursprünglich nur zur Bahnkontrolle vorgesehen waren. Dies war zur Rettung des Satelliten notwendig geworden, da er aufgrund eines Fehlers der Ariane-5-Oberstufe im Juli 2001 nur in einer wesentlich tieferen Kreisbahn ausgesetzt werden konnte.

Zur Erzeugung extrem kleiner stabiler Schübe, beispielsweise für die exakte Positionierung, lassen sich Indium-Feldemissionstriebwerke (In-FEEP) verwenden. Im Rahmen des amerikanischen New-Millennium-Programms wird das in Österreich entwickelte In-FEEP Triebwerk getestet. Es ist 4 cm lang und erzeugt Minischübe durch den Ausstoß einzelner Indium-Ionen. Dazu wird eine Nadel in einem Indium-Reservoir erhitzt und durch Anlegen einer hohen Spannung werden einzelne Ionen aus der Metalloberfläche herausgelöst und beschleunigt.

Amsat P3-D, ein Amateurfunksatellit, der im November 2000 gestartet wurde, ist der erste Satellit, mit einem thermischen Lichtbogentriebwerk. „ATOS“ (Arcjet-Triebwerk auf OSCAR-Satelliten) wird zur Ausrichtung im Raum und zur späteren Nachregulierung eingesetzt. Als Treibstoff werden 52 kg Ammoniak mitgeführt, was für 600 Betriebsstunden in fünf Jahren reichen soll. Diese Menge entspricht etwa der Hälfte des Treibstoffbedarfs von chemischen Antrieben.

Ein Sonnensegel wurde im Rahmen des internationalen Odissee-2000-Solar-Sail-Projektes u. a. vom Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) zusammen mit der European Space Agency (ESA) entwickelt. Eine 400 m² große reflektierende Polymerfolie (Abbildung 4) nutzt die Impulsübertragung von Photonen der Sonne. Cosmos 1, ein ähnliches Projekt der Planetary Society, einer spendenfinanzierten NGO, ist im Juli 2001 fehlgeschlagen, weil sich die letzte Raketenstufe der verwendeten Wolna-Rakete nicht von der Sonde trennte. Ein weiterer Test ist für Anfang 2003 geplant (Planetary Society 2002).

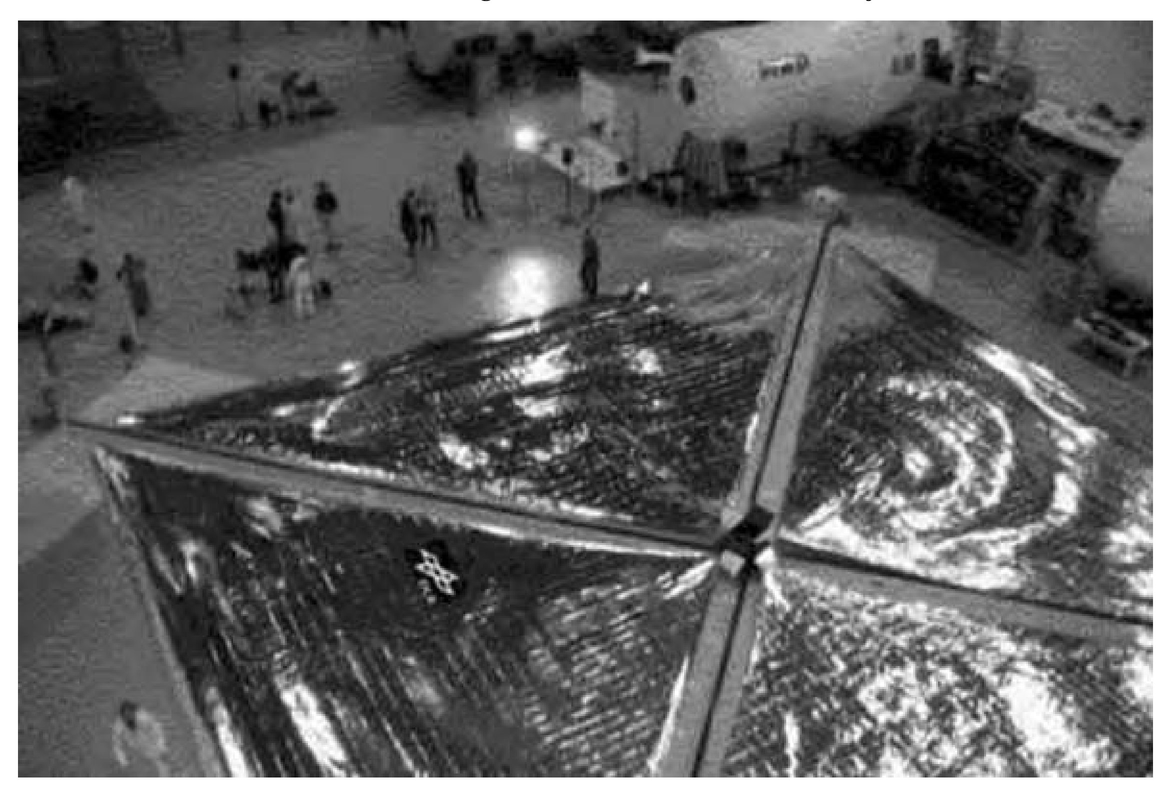
In ASTRO (Autonomous Space Transfer and Robotic Orbital Servicer) (Abbildung 5), einem US-amerikanischen Projekt der US-amerikanischen Defense Advanced Projects Agency (DARPA), wird ein autonomes Tank- und Serviceraumfahrzeug entwickelt. Es würde zwischen den Anwendungssatelliten im Zielorbit und einem Treibstoff- und Ersatzteillager in einem Parkorbit (Fuel Holding Orbit), das mittels möglichst preiswerter Missionen (Responsive Access, Small Cargo, Affordable Launch, RASCAL) gefüllt wird, pendeln. Ziel ist ein Fahrzeug, das permanent im Orbit stationiert bleibt.

Die kontinuierliche Treibstoffversorgung macht die Satelliten nicht nur manövrierfähiger, sondern verlängert auch die Lebensdauer beträchtlich. Dies gilt umso mehr, wenn die Elektronik und andere ausfallgefährdete Komponenten des Satelliten so modular aufgebaut sind, dass fehlerhafte oder veraltete Teile bei den Tankmanövern ausgetauscht werden können. Nach derzeitiger Planung soll 2005/2006 ein Demonstrator gestartet werden. Grundsätzlich sollen alle relevanten Orbits versorgt werden können.

Ein weiteres Konzept der DARPA sieht vor, Wasser als Treibstoff einzusetzen und regelmäßig durch Tankroboter, die im Rahmen des Orbital Express-Programms der DARPA entwickelt werden, nachzufüllen. Kernstück des Water-Based Propulsion for Space-Programms ist eine reversible Brennstoffzelle auf Wasserbasis. Ist der Raumflugkörper der Sonne ausgesetzt, so wird Wasser elektrolytisch in Wasserstoff und Sauerstoff gespalten. Die Gase werden entweder in einem Raketentriebwerk verbrannt, um schnelle Manöver durchzuführen, oder in der Brennstoffzelle zur Stromerzeugung genutzt. Dadurch kann die Zelle relativ zu ihrem Eigengewicht mehr Energie speichern als Batterien, die bisher für Weltraumanwendungen eingesetzt wurden. Darüber hinaus ist geplant, langsame Manöver durch gezielten Wasserausstoß zu realisieren.

Abbildung 4

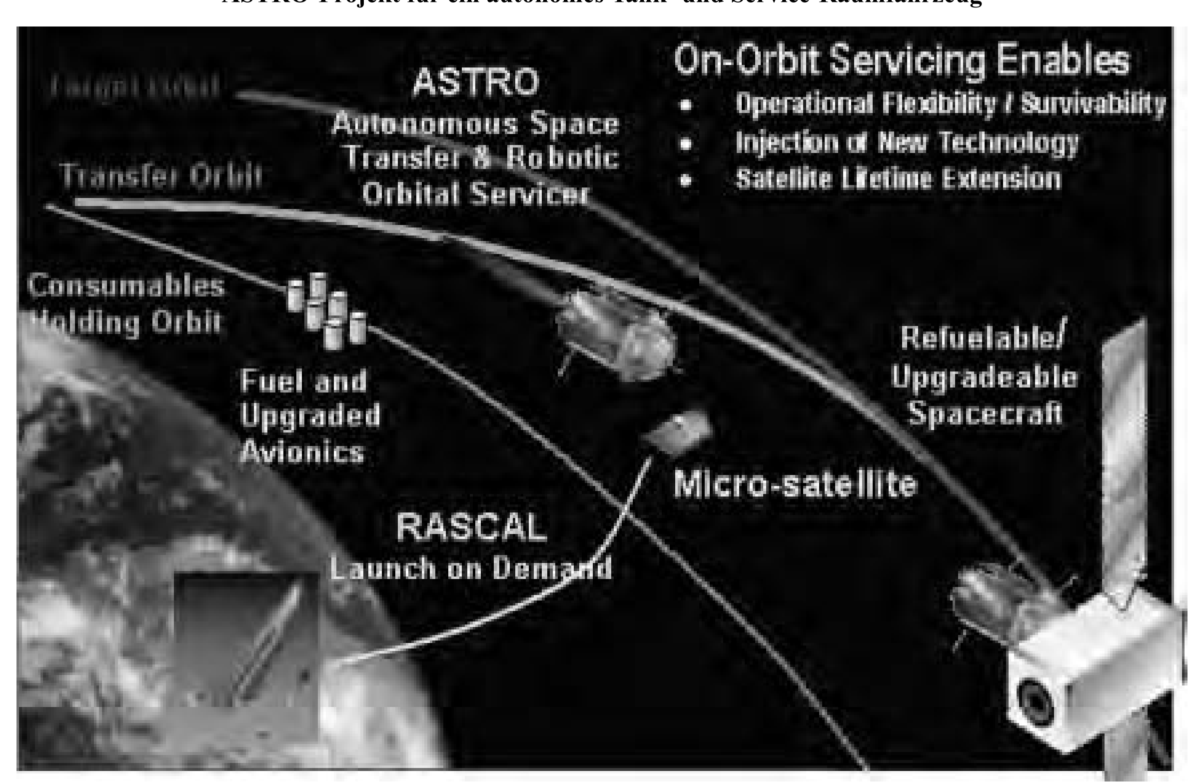
Entfaltetes Sonnensegel des Odissee-2000-Solar-Sail-Projekts



Quelle: Seboldt 1999

Abbildung 5

ASTRO-Projekt für ein autonomes Tank- und Service-Raumfahrzeug



Quelle: DARPA 2002

1.2.3 Bahn-/Lageregelung

Allgemeines/Technik

Das Lageregelungssystem eines Satelliten hat die Aufgabe, dessen Lage bezüglich eines Referenzsystems (z. B. Fixsterne; Erdmagnetfeld; Global Positioning System, GPS) stabil zu halten. Die Notwendigkeit der Lageregelung entsteht dadurch, dass Luftwiderstand, Strahlungsdruck, Gravitations- und Erdmagnetfeld Kräfte ausüben, die zu Drehbewegungen des Satelliten und damit zu Positionsänderungen führen. Zusätzlich bewirkt die Steuerung des Satelliten selbst eine Lageänderung. Zur Bestimmung der aktuellen Lagewinkel wird für Bahnen im LEO und MEO bereits das US-amerikanische GPS-System eingesetzt (s. Kapitel III.1.3.3). Im geostationären Orbit ist die Verwendung von GPS wegen der großen Entfernungen jedoch problematisch.

Zur Bahn- und Lageregelung lässt sich eine Reihe von Verfahren anwenden. So stellt z. B. die Ausrichtung des Satelliten durch das Erdmagnetfeld mithilfe eines mitgeführten Magneten eine wenig aufwendige Methode dar. Ebenso einfach ist die Ausrichtung eines Satelliten am Schwerkraft-Gradienten. Dazu wird ein Ausleger am Satelliten befestigt, an dessen Ende sich eine Masse befindet. Da die Schwerkraft mit zunehmender Nähe zur Erde zunimmt, richtet sich der Satellit so aus, dass der Ausleger zur Erde gerichtet ist. Diese Methode wird z. B. bei einigen kleinen Forschungssatelliten verwendet. Bei der Spinstabilisierung wird der gesamte Satellit in Rotation versetzt. Die Antennen befinden sich in Richtung der Rotationsachse und sind damit raumfest.

Sollen die Richtantennen oder Solarzellen immer in eine bestimmte Richtung zeigen, so ist eine Stabilisierung um alle drei Achsen notwendig. Dazu werden in der Regel Drallräder (Kreisel) verwendet. Diese werden so angeordnet, dass ihre Rotationsachsen zueinander einen rechten Winkel bilden. Dadurch lässt sich der Satellit frei um alle Achsen bewegen. Konventionelle Drallräder verwenden in der Regel Kugellager mit dem Nachteil, dass das Schmiermittel unter Weltraumbedingungen entweder verdampft oder verhärtet. Die Lebensdauer solcher Drallräder beträgt daher in der Regel etwa zehn Jahre. Eine Alternative sind magnetisch gelagerte Räder, die verschleißfrei arbeiten, aber eine aufwendige elektronische Steuerung erfordern. Dies wurde z. B. auf dem Amateurfunksatelliten Amsat P3-D realisiert, der im November 2000 gestartet wurde (s. Kapitel III.1.2.2).

Alternativ hierzu kann auch der so genannte Magnet-Torquer verwendet werden. Das Prinzip entspricht dem eines Gleichstrom-Elektromotors. Auf dem Satelliten befindet sich eine Anordnung elektrischer, stromdurchflossener Spulen, die ein magnetisches Feld induzieren, das mit dem Erdmagnetfeld wechselwirkt und so ein Drehmoment auf den Satelliten ausübt. Eine entsprechende Anordnung der Spulen ermöglicht die Drehmomenterzeugung um alle drei Achsen und damit die Ausrichtung im Raum. Der Vorteil liegt darin, dass der Spulenstrom durch Solarzellen gewonnen werden kann und damit unbeschränkt zur Verfügung steht. Nachteilig ist jedoch, dass die Effektivität dieses Verfahrens mit dem Abstand zur Erde abnimmt und eine Änderung der Orientierung aufgrund der kleinen Drehmomente einige Zeit beansprucht.

1.2.4 Kleinsatelliten

Allgemeines/Technik

Ein Trend geht gegenwärtig zum Einsatz von Kleinsatelliten (< 500 kg). Man unterscheidet dabei zwischen Mikrosatelliten mit einer Masse zwischen 10 und 100 kg, Nanosatelliten mit 1 bis 10 kg Masse und Pikosatelliten, die weniger als 1 kg wiegen. Kleinsatelliten kosten in der Herstellung etwa die Hälfte bis ein Drittel weniger als herkömmliche Satelliten. Insbesondere trägt die Verwendung von kommerziellen Standardprodukten zu einer kostengünstigen und zuverlässigen Fertigung bei. Hinzu kommt, dass Kleinsatelliten geringere Transportkosten verursachen, da sie als Sekundärlast, d. h. als Zuladung zu einer Hauptlast, transportiert werden können.

Durch die Verteilung von Aufgaben auf mehrere Kleinsatelliten kann das Missionsrisiko gesenkt und unter bestimmten Bedingungen die Leistungsfähigkeit des Gesamtsystems gesteigert werden. Darüber hinaus muss bei einem Ausfall einzelner Komponenten nicht das gesamte System ausgetauscht werden, was die Zuverlässigkeit und Lebensdauer steigert und vor allem die Verwundbarkeit deutlich herabsetzt.

Ein hoher Grad an Autonomie der einzelnen Satelliten und Kommunikation der Satelliten untereinander sind wichtige Fähigkeiten. So kann der ganze Satellitenschwarm wie ein einzelner Satellit vom Boden aus geführt werden, die Verteilung der Datenströme, der einzelnen Operationsbefehle und die relative Positionsregelung nehmen die Satelliten selbstständig vor.

Durch Positionierung einer größeren Zahl von Kleinsatelliten über der Erde könnten auch hoch auflösende Radarantennen realisiert werden. Mehrere Kleinsatelliten im Formationsflug würden einen Empfänger für Radarsignale bilden, der die gleiche Aufgabe erfüllt und eine ähnlich hohe Auflösung erzielt wie eine einzelne große Antenne.

Der Bau von Kleinsatelliten ist durch die Entwicklung von leichten und stabilen Materialien, aber vor allem von kleinen, leistungsfähigen elektronischen Steuersystemen sowie besseren Minisensoren möglich geworden. Auch die Entwicklung von mikroelektromechanischen Systemen (MEMS) und Fortschritte der Nanotechnologie führen zu einer Integration mehrerer Funktionen in wenigen Baugruppen. Durch die Verwendung von so genannten Multifunktions-Strukturen kann das Verhältnis von Nutzlast zu Satellitenmasse erheblich vermindert werden. Auch verringert sich die Komplexität von Satellitenplattformen durch Minimierung von Schnittstellen und durch Erhöhung ihrer Kompatibilität.

Vorhandene/geplante Systeme

Mittlerweile sollen sich mehrere hundert Kleinsatelliten auf Erdumlaufbahnen befinden. Sie werden vor allem im Telekommunikationsbereich, in Zukunft aber auch verstärkt zur Erdbeobachtung eingesetzt. Der vom DLR entwickelte Mikrosatellit BIRD (Bispectral Infra-Red Detection), der im Oktober 2001 als Sekundärnutzlast gestartet wurde, wurde u. a. zur Früherkennung von Waldbränden mittels Infrarot-Sensoren konzipiert. Es handelt sich um einen Würfel mit 60 cm Kantenlänge und zwei Solarsegeln. Seine Masse beträgt 94 kg. Das Bordrechnersystem ist als verteiltes, feh-

lertolerantes Mehrrechnersystem mit vier identischen Rechnern ausgelegt, das alle Kontroll- und Überwachungsfunktionen sowie die Kommunikation mit der Erde autonom ausführt.

Derzeit wird von der NASA im Rahmen des New-Millenium-Programms die Nanosat Constellation Trailblazer Mission für einen Start im Jahr 2003 vorbereitet. Es handelt sich dabei um ein Netzwerk von drei Satelliten jeweils mit einem Durchmesser von 42 cm, einer Höhe von 20 cm und einer Masse von 21,5 kg. Im Formationsflug werden die drei Satelliten koordinierte Manöver durchführen, ein neues Kommunikationssystem testen sowie die Sonnenaktivität und ihre Auswirkungen auf die Magnetosphäre der Erde untersuchen. Langfristig soll die Machbarkeit von Formationen von über 100 Kleinstsatelliten demonstriert werden.

Um die Bodenkontrolle mit der Steuerung solcher Formationen nicht zu überfordern, ist es nötig, dass die Satelliten einen erhöhten Grad an Autonomie erhalten. So wird derzeit am Forschungszentrum der US-Luftwaffe (Air Force Research Laboratory, AFRL) für das TechSat-21-Programm eine Softwarearchitektur entwickelt und getestet, bei der die relative Bahn-/Lageregelung der einzelnen Satelliten, die Fehlersuche und -korrektur, die Aufteilung der Informationsflüsse auf die einzelnen Satelliten sowie die Optimierung gemeinsamer Aktivitäten (z. B. bezüglich des Treibstoffverbrauchs) von den Satelliten autonom bewältigt werden. Dabei funktioniert ein Satellit als „Leader“, die anderen als „Follower“. Da alle Satelliten über die gleiche Softwareausstattung verfügen, kann bei Ausfall des „Leaders“ ein „Follower“ dessen Rolle übernehmen. Im Ergebnis nimmt die Bodenkontrolle den Satellitenschwarm wie einen einzelnen „virtuellen“ Satelliten wahr.

Ein Projekt der DARPA sind die Spawn-Mikrosatelliten, die als Geleitschutz für stationierte Satelliten (auch im GEO) dienen sollen. Mittels einer der jeweiligen Bedrohungslage angepassten Sensorkonfiguration soll Spawn Satelliten inspizieren sowie etwaige Stör- und Laserangriffe entdecken. Über eine Ausstattung, die geeignet wäre, auf andere Raumfahrzeuge einzuwirken, ist nichts bekannt.

Ein weiteres Konzept beschäftigt sich mit der Entwicklung von Kleinsatelliten, die kontrolliert zur Erde zurückkehren können. Raumflugkörper vom Typ Brem-Sat2 – entwickelt von der Universität Bremen – besitzen einen keramischen Hitzeschild, der sich beim Wiedereintritt in die Atmosphäre wie ein Schirm entfaltet, einen Großteil der Reibungswärme aufnimmt und den Flugkörper abbremst. Die Landung erfolgt am Fallschirm.

1.2.5 Führungs- und Steuerungsinfrastruktur

Allgemeines/Technik

Zum Betrieb von Satelliten, Raumsonden oder bemannter Raumfahrzeuge ist eine umfangreiche Infrastruktur notwendig: Dazu gehören Boden-Kontrollstationen, bodengestützte Relais- und Verfolgungsstationen, Starteinrichtungen, Kommunikationseinrichtungen sowie evtl. raumgestützte Relais- und Kommunikationsstationen.

Diese Einrichtungen müssen zu einem funktionierenden Gesamtsystem vernetzt sein. Dessen Funktion ist es zunächst, den Transport, die Selbsttests und Inbetriebnahmeprozeduren nach Erreichen des Orbits sowie die Erkennung etwaiger Fehlfunktionen durchzuführen. Während des Betriebes sind Bahnverfolgung, Übermittlung und Auswertung der Telemetriedaten sowie die Übertragung von Befehlen an den Satelliten zu bewerkstelligen. Darüber hinaus müssen noch die eigentlichen Missionsdaten übertragen werden. Die Abläufe können durch Missionssimulationen optimiert werden.

Vorhandene/geplante Systeme

Die USA unterhalten zum Betrieb ihrer in staatlicher Regie durchgeführten Weltraummissionen – zivil wie militärisch – das Air Force Satellite Control Network (AFSCN). Die derzeitige Konfiguration dieses Systems umfasst 22 Antennen an zehn über die Erde verteilten Standorten sowie zwei Kontrollzentren in Kalifornien und Colorado (Abbildung 6, S. 32).

Die Antennenstationen (Remote Tracking Stations, RTS) verfolgen den Satelliten auf seiner Bahn. Bei den geosynchronen Kommunikationssatelliten NATO IV (North Atlantic Treaty Organisation) wird die Bahnverfolgung zudem durch ein vom Satelliten auch ohne Informationsübertragung ständig ausgesandtes Downlink-Signal (gewissermaßen als Funkfeuer) unterstützt. Weiterhin werden über die RTS die Telemetriedaten empfangen und Befehle an den Satelliten übermittelt. Über Punkt-zu-Punkt-Standleitungen, auch unter Nutzung von Satelliten-Kommunikationsverbindungen, sind die einzelnen RTS an die beiden Kontroll-Knotenpunkte angeschlossen. An diese zentralen Knotenpunkte, die den Betrieb des Satelliten zentral steuern, sind die Nutzer des Satelliten über ihr jeweiliges Operationszentrum angeschlossen. Gewöhnlich wird das gesamte System nur von einer dieser Kommandozentralen gesteuert, die andere dient als Notfallreserve.

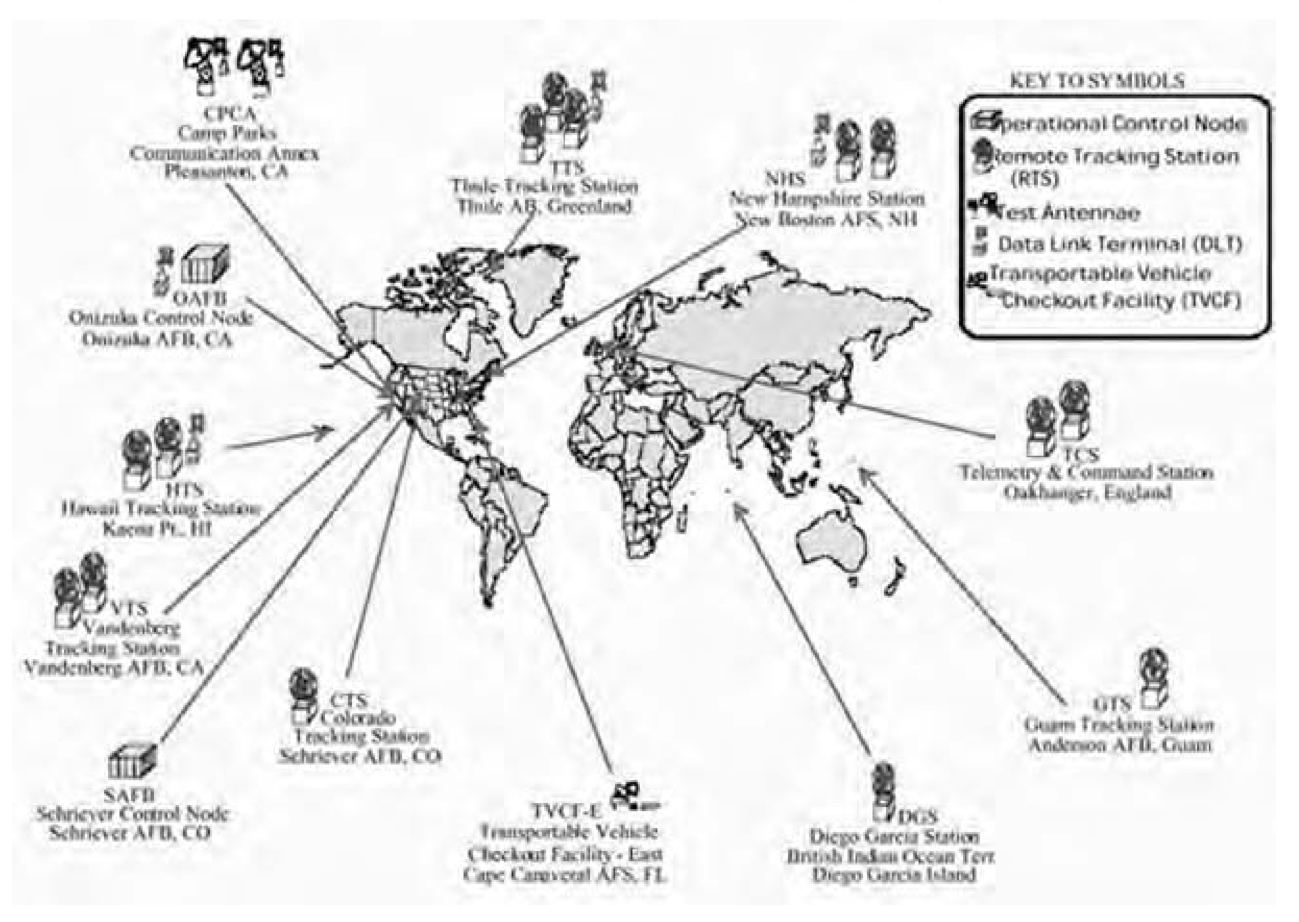
In den nächsten Jahren soll das gesamte System zunehmend dezentralisiert und auf die Kommunikation über ein weltweites digitales Netzwerk (Wide Area Network, WAN) umgestellt werden. Dort sind sowohl alle Bodenstationen als auch alle Nutzer angeschlossen, und über standardisierte Protokolle kann die Verbindung Nutzer-Satellit jederzeit (und bei jeder Satellitenposition) hergestellt werden. Koordiniert wird das gesamte System von einer zentralen Steuerungsstelle. Dabei ist auch eine Automatisierung der RTS-Bodenstationen vorgesehen.

Neben den USA verfügt auch die Europäische Weltraumagentur ESA über ein weltweites System von Bodenstationen, sodass eine Kommunikation mit den eigenen Satelliten in allen Bahnen jederzeit möglich ist.

Neben dem ASFCN betreiben die USA ein System zur Bahnverfolgung und Katalogisierung aller Objekte größer als 10 cm Durchmesser, die von Menschen in eine Erdumlaufbahn gebracht werden. Dieses Space Surveillance Network besteht aus 21 weltweit verteilten bodengestützten elektrooptischen und Radarsensoren sowie einem Satelliten (Abbildung 7, S. 33). Der Satellit, ursprünglich zur Sensordatengewinnung im Rahmen der Nationalen Raketenabwehr der USA gedacht (Midcourse Space Experiment, MSX), ist im LEO stationiert und trägt eine Reihe von elektrooptischen Sensoren in einem weiten Spektralbereich. Zusammengeführt werden die Daten im Cheyenne Mountain Operations Center der US-Luftwaffe. Das „Naval Space Command“ der US-Marine stellt im Bedarfsfall ein alternatives Kontrollzentrum zur Verfügung.

Abbildung 6

Installationen des US Air Force Satellite Control Network (AFSCN), Stand 2000



Quelle: Odle 2000, nach INT 2002

Die Sowjetunion steuerte ihre Bahnverfolgungs- und Führungsstationen von einem Kontrollzentrum im Raum Moskau aus, für die es eine Ausfallreserve auf der Krim gab. Führung und Steuerung wurden von See aus unterstützt. Zu diesem Zweck wurde eine Flotte von bis zu 16 so genannten Weltraumhilfsschiffen aufgebaut. Außerdem wurden 1974 vier luftgestützte Stationen in Betrieb genommen. Weiterhin wurden Stationen im Tschad, in Guinea, Mali und einigen arabischen Ländern errichtet.

Seit dem Ende der Sowjetunion ist Russland der Zugriff auf eine Reihe von Bodenstationen in der Ukraine und in Georgien verloren gegangen. Die Weltraumhilfsschiffe stehen ebenfalls nicht mehr zur Verfügung, da sie von der Ukraine übernommen wurden. Die verbliebene Boden-Infrastruktur ist zu weniger als zwei Dritteln ausgelastet und veraltet zunehmend. Daher wird in Russland diskutiert, künftige eigene Satelliten zusätzlich zu ihrer eigentlichen Mission mit der Fähigkeit auszustatten, als Relaisstationen für die Kommunikation mit anderen Satelliten zu dienen. Längerfristig wird ein System geostationärer Relaissatelliten erwogen. Gleichzeitig soll die Bahn-/Lageregelung der Satelliten stärker autonom erfolgen, unter Nutzung der Signale der verbliebenen Navigationssatelliten des eigenen GLONASS-Systems (Globalnaja Nawigationnaja Sputnikowaja Sistema). Der Übergang zu standardisierten Protokollen soll die Bodenkontrolle mit internationalen Rechnernetzen verknüpfbar machen. Insgesamt erhofft man sich so eine Verbesserung der Führung der eigenen Satelliten bei gleichzeitigen erheblichen Mitteleinsparungen im Bereich der Bodeninfrastruktur.

Im Rahmen ihrer Anstrengungen für die bemannte Raumfahrt wird auch für die Volksrepublik China ein weltum-

spannendes Netz an Bodenstationen notwendig. Daher werden derzeit chinesische Bodenstationen in Namibia (Afrika) und Kiribati (Pazifik) errichtet.

Außer der Führungs- und Steuerungsinfrastruktur sind für den Betrieb weltraumgestützter Systeme auch Startvorrichtungen für die Raumtransportsysteme nötig. Aus Sicherheitsgründen sollten diese in dünn besiedelten Gebieten liegen. Optimal ist ein breiter Sektor in Abschussrichtung auf das offene Meer hinaus, sodass gewollte oder ungewollte Abstürze, etwa von Raketenstufen, keine Gefährdung bewirken. Für äquatornahe Satelliteninklinationen (insbesondere für die wichtige geostationäre Umlaufbahn) bietet eine möglichst große Nähe des Startplatzes zum Äquator ein Minimum an benötigtem Treibstoff (bzw. ein Maximum an möglicher Nutzlast). Dennoch will Russland wegen der hohen Mietkosten und Streitigkeiten mit den kasachischen Behörden über Umweltverschmutzung ab 2005 auf Starts in Baikonur verzichten und das Kosmodrom in Plesetsk in Nordwest-Russland ausbauen.

Die größte Äquatornähe hat der Startplatz der europäischen ESA in Kourou (Frz. Guyana). Von dort kann mit demselben Trägersystem eine um mehr als 10 % höhere Nutzlast in den geostationären Orbit transportiert werden als von Cape Canaveral (Florida) aus. Ein multinationales Firmenkonsortium, das Technologie aus Russland, der Ukraine, den USA und Norwegen nutzt, bietet seit 1999 den Transport von Satelliten von einer umgebauten Ölbohrplattform an, die im Pazifik unmittelbar am Äquator stationiert ist. Dabei wird die komplette Trägerrakete mit einem Spezialschiff aus Kalifornien herantransportiert.

Abbildung 7

Space Surveillance Network des US Space Command

Quelle: USSPACECOM nach INT 2002

1.3 Unterstützungssysteme

Satelliten als Unterstützungssysteme sind derzeit die einzigen operationellen militärischen Systeme im Weltraum. Wichtigste Aufgabe ist die Aufklärung potenzieller Gegner sowie von Konfliktgebieten und die rechtzeitige Warnung vor Bedrohung. Besondere Bedeutung haben Satelliten als Frühwarnsysteme vor Raketenangriffen. Unterstützungssysteme dienen auch der Sicherstellung der Führung der eigenen Kräfte im Konfliktfall. Insbesondere sind dies Mittel und Systeme zur Kommunikation und Navigation sowie zur Ermittlung der geographischen und meteorologischen Einsatzbedingungen.

Wichtige allgemeine Systemparameter für raumbasierte Unterstützungssysteme sind die vorgegebenen Bahnparameter wie Höhe, Umlaufzeit, Bahnform und Inklination. Damit und durch die technische Ausrüstung der Satelliten sind die Eigenschaften militärischer Missionen bereits weitgehend festgelegt. In Tabelle 7 sind die wichtigsten Orbits mit ihren Eigenschaften zusammengestellt.

Satelliten in geostationären Orbits (GEO) sind von besonderer Bedeutung, da nur von dort mit einer kleinen Zahl von Satelliten eine kontinuierliche Beobachtung fast des gesamten Erdballs oder eine Unterstützung bei der globalen Kommunikation möglich ist. Für eine – mit Ausnahme der Polkappen – globale Abdeckung benötigt man mindestens drei Satelliten. Nachteilig ist die große Höhe von ca. 36 000 km, die eine relativ schlechte geometrische Auflösung im Kilometerbereich nach sich zieht. Es ist daher nur die Beobachtung und Überwachung großräumiger Phänomene wie Wolken- und Windfelder möglich. Raketenstarts mit ihren großen Abgassignaturen können aber zuverlässig entdeckt werden. Für Wettersatelliten und strategische Frühwarnsatelliten ist der GEO deshalb gut geeignet.

Sonnensynchrone Orbits (SSO) verlaufen polnah in ca. 600 bis 1 000 km Höhe. Die Umlaufzeiten liegen in der Größenordnung von 100 Minuten. Diese spezielle Bahngeometrie bietet den besonderen Vorteil, dass alle Punkte auf der Erde bei gleichem Winkel zur Sonne und damit bei gleichen tageszeitbedingten Beleuchtungsverhältnissen überflogen werden können. Daher sind sie besonders für optische Aufklärungs- und Erderkundungssatelliten geeignet, deren Bilder von verschiedenen Überflügen sehr gut verglichen werden können. Die Wiederholzeit für feste Punkte unter der Bahn reicht – je nach Bahnparameter – von Stunden über Tage bis zu Wochen. Die erreichbaren geometrischen Auflösungen liegen bereits im Meterbereich. Damit sind außer militärischer Aufklärung vor allem auch kartographische oder geologische Erkundungen möglich.

Hohe Auflösungen zur Detailaufklärung besonders interessierender Gebiete und Objekte sind aus niedrigeren Orbits (LEO: 200 bis 2 000 km Höhe) erzielbar. Auch die Funkaufklärung profitiert hier von den erheblich günstigeren Empfangsverhältnissen für terrestrischen Funkverkehr. Nachteilig ist jedoch die Restatmosphäre, die eine Abbremsung der Satelliten verursacht und daher deren Lebensdauer begrenzt oder einen höheren Treibstoffbedarf nach sich zieht. Trotzdem wird dieser Orbit für viele Systeme genutzt.

Für Spezialaufgaben kommen auch noch andere Orbits zum Einsatz, wie der MEO für die Navigationssatelliten auf 12-Stunden-Bahnen sowie für Kommunikationssatelliten. Völlig andere Bahntypen sind hoch elliptische Bahnen (HEO), die so eingerichtet werden können, dass auch schlecht oder gar nicht von geostationären Positionen aus beobachtbare polnahe Gebiete längere Zeit im Gesichtsfeld sind (so genannte Molnija-Bahnen).

Mit der Bedeutung raumbasierter Unterstützungssysteme wächst die Abhängigkeit von deren Verfügbarkeit. Daher wird intensiv an Maßnahmen zur Verminderung ihrer Verwundbarkeit gearbeitet, wie eine geeignete Härtung der Satelliten, insbesondere der Sensoren und Elektronik, gegen Hochfrequenzstrahlung, erhöhte ionisierende Strahlung und Laserblendung. Eine andere Möglichkeit ist, die Systeme redundant auszulegen oder eine Erhöhung der Satellitenzahl im Orbit. Darunter könnten auch Scheinsysteme sein, die für den Angreifer als solche nicht erkennbar sein müssten. Auch die Positionierung von Stand-by-Satelliten in einem Parkorbit oder eine schnelle Startmöglichkeit für am Boden bereit gehaltene Ersatzsatelliten sind denkbare Optionen. Des Weiteren kommen Maßnahmen wie Ausweichmanöver und Veränderungen der Umlaufbahn infrage.

Tabelle 7

Eigenschaften und bevorzugter Nutzungszweck von Satellitenbahnen

Orbit	Beschreibung	Bahnhöhe (km)	Umlaufdauer (h)	bevorzugter Nutzungszweck
GEO	geostationär	36.000	24	Raketen-Frühwarnung, Wetterbeobachtung, Kommunikation
SSO	sonnensynchron	600–1.000	ca. 1,5	optische Aufklärung, Erderkundung
LEO	niedrig	200–2.000	1,5–2	Kommunikation, Funkaufklärung, Detailaufklärung
MEO	mittelhoch	6.000–20.000	4–12	Navigation, Kommunikation
HEO	hochelliptisch	300–1.500*) 10.000–50.000**)	8–24	Kommunikation, Beobachtung polnaher Gebiete

*) Perigäum

**) Apogäum

Quelle: eigene Zusammenstellung nach INT 2002

Ein für raumgestützte Systeme bisher noch nicht zufriedenstellend gelöstes Problem ist die Feststellung der genauen Schadens- bzw. Ausfallursache. Ohne diese Information ist es schwierig, zwischen etwa der Kollision mit Kleinstmeteoriten oder Weltraumschrott und einem gezielten Angriff zu unterscheiden. Dafür müssen zusätzliche Radar-Detektoren und Wärmesensoren auf dem Satelliten installiert werden. Auch bei Ausfall der Elektronik oder anderer Bordsysteme müsste zwischen natürlichen Ursachen, wie z. B. besonders intensivem Sonnenwind, und künstlicher Bestrahlung unterschieden werden können, etwa durch Ermittlung der Richtung, aus der die Strahlung kommt. Diese Aufgaben könnten auch von getrennten Systemen wie spezialisierten Verteidigungssatelliten wahrgenommen werden, die in einem Verbund mit den Anwendungssatelliten operieren.

Für eine Abschätzung, wie viele der seit 1957 erfolgreich gestarteten gut 5 000 Satelliten noch operationell sind, müssen neben den gut bekannten Startdaten auch ihre weniger gut bekannten Lebensdauern berücksichtigt werden. Eine aktuelle Analyse (Oktober 2001) kommt zu dem Ergebnis, dass ca. 600 bis 610 Satelliten aller Art noch operationell sind. Davon sind ca. 100 für rein militärische Aufgaben vorgesehen. 55 davon sind im GEO stationiert, was die hohe Bedeutung dieser Orbits für Militärsatelliten ausweist. Die weitaus meisten militärischen Satelliten werden von den USA und Russland mit je ca. 40 Systemen betrieben.[3] Neben der NATO mit drei Kommunikationssatelliten sind noch Großbritannien mit drei, Frankreich und China mit je zwei und Israel mit einem System vertreten.

1.3.1 Aufklärung/Überwachung

Die strategische Aufklärung und Überwachung mit raumgestützten Systemen ist bereits seit langem etabliert. Zur Zeit der Ost-West-Konfrontation stellten Frühwarnsatelliten ein wichtiges Stabilisierungselement dar, da sie einen nuklearen Überraschungsangriff mit Interkontinentalraketen frühzeitig entdecken konnten. Sie erfassen mithilfe vor allem von IR-Sensoren die heißen Abgase startender Interkontinentalraketen. Dadurch wird die Vorwarnzeit von 15 auf 30 Minuten verlängert. Mit Ozeanüberwachungssatelliten wird durch Radargeräte eine kontinuierliche weltweite Kontrolle aller Schiffsbewegungen geleistet.

Die neue weltpolitische Lage stellt an die Satellitenaufklärung neue Anforderungen. Während früher zwei bis drei Bilder pro Tag ausreichend waren, um z. B. größere Truppenbewegungen aufzuklären, erfordert die neue Situation die Fähigkeit zu dynamischer operativ-taktischer Aufklärung. Dies setzt eine Boden-, Luft- und Seeüberwachung voraus, die das voraussichtliche Operationsgebiet aller Teilstreitkräfte möglichst vollständig abdeckt. Der zukünftige Schwerpunkt für neue Aufklärungssatelliten wird daher bei der kontinuierlichen Überwachung und nahezu lückenlosen Verfolgung von Truppenbewegungen liegen.

Hierfür ist der Einsatz einer größeren Zahl von Satelliten erforderlich, da Satelliten die Aufklärungsergebnisse eines bestimmten Erdpunktes nur in einem festen Zeitraster gewinnen können. Aus Kostengründen kommen hierfür insbesondere Kleinsatelliten infrage. Diese haben jedoch wegen ihres eingeschränkten Bodenauflösungsvermögens nicht die hohe Klassifikationsfähigkeit großer Satelliten. Dadurch wird insbesondere die Identifikation kleinerer hoch mobiler Ziele wie z. B. Kampfpanzer schwierig. Deshalb können diese Satelliten mit weiteren Systemen zur echtzeitnahen, detaillierteren Aufklärung von besonders interessierenden Gebieten kombiniert werden.

Für Aufklärungssatelliten, die entweder kontinuierliche Überwachungsaufgaben haben oder situationsbezogen eingesetzt werden, ist eine möglichst lange Nutzungsdauer von hoher Bedeutung. Ein begrenzender Faktor ist in vielen Fällen der mitgeführte Treibstoffvorrat. Um diese Begrenzung zu mildern, können alle Aufklärungssatellitentypen grundsätzlich mit einem zusätzlichen Treibstoffvorrat ausgestattet oder eventuell sogar wiederbetankt werden. Sie wären dann auch in der Lage, die Umlaufbahn zu wechseln, um in eine für die Beobachtung eines bestimmten Objektes günstigere Position zu gelangen oder das Beobachtungsraster öfter zu wechseln (ASTRO-Projekt, s. Kapitel III.1.2.2).

Für eine schnelle Übertragung der Daten vom Aufklärungssatelliten zur Bodenstation zur möglichst echtzeitnahen Auswertung sind in der Regel Relaissatelliten im GEO erforderlich. Wegen deren begrenzter Übertragungskapazität erfolgt an Bord des Aufklärungssatelliten eine Vorauswertung und Kompression der Daten. Hier sind im Zuge der rapiden Leistungssteigerung der Bordrechner und -datenspeicher noch erhebliche Fortschritte zu erwarten.

Große Bandbreiten und damit verbundene hohe Übertragungsleistungen sind mit hohen Frequenzen erreichbar, die wegen der fehlenden atmosphärischen Dämpfung für Intersatellitenkommunikation geeignet sind. Neben der Mikrowellen-Kommunikation (60 GHz) kommt auch Laserkommunikation zum Einsatz, mit der besonders hohe Übertragungsleistungen erzielbar sind. Für die Übertragung vom Relaissatelliten zur Bodenstation muss in der Regel jedoch wieder auf Mikrowellen zurückgegriffen werden.

Tabelle 8 (S. 36) zeigt eine Übersicht der Charakteristika aktueller US-Satelliten für unterschiedliche Aufklärungsmissionen. Die einzelnen Systeme werden im Folgenden detailliert dargestellt.

Strategische Frühwarnung

Allgemeines/Technik

Frühwarnsatelliten haben die Aufgabe, vor möglichen Angriffen von Flugkörpern, die außerhalb der Sichtweite terrestrischer Überwachungsradare gestartet werden, zu warnen. Dafür müssen alle Starts weltweit und kontinuierlich überwacht werden, um festzustellen, ob ein Satellit oder ein Flugkörper gestartet wurde. Es muss auch zwischen Testflügen und realen Angriffen unterschieden werden. Dazu werden Frühwarnsatelliten bevorzugt in geostationären Bahnen eingesetzt.

Startende Raketen mit ihrem ausgedehnten Abgasstrahl und größere Explosionen (z. B. von Kernwaffen) haben eine ausgeprägte IR-Signatur und bieten insbesondere vor dem Hintergrund des Weltraums einen hohen Kontrast. Deshalb kommen bei Frühwarnsatelliten vorrangig IR-Sensoren zur Anwendung. Im GEO haben sie wegen der großen Bahnhöhe aber ein etwa hundertfach schlechteres Bodenauflösungsvermögen (ca. 100 m bei optischen Satelliten) als

[3] Eine Auflistung findet sich in INT 2002; Pike (2002, S. 613) berichtet von 170 rein militärischen Satelliten Ende 2001, davon 110 der USA und 40 Russlands.

Tabelle 8

Charakteristika aktueller Aufklärungssatelliten der USA

Mission	Orbit	Auflösung	Sensor	Zahl (Typ)	geplante Lebensdauer
strategische Frühwarnung	GEO	100 m	Breitband IR	7 (DSP)	5–9 Jahre
optische Aufklärung	LEO	10–15 cm	sichtbar/IR	3 (KH 12)	1–5 Jahre
Radaraufklärung	LEO	<1 m	SAR-Radar	4 (Lacrosse)	2–3 Jahre
Fernmeldeaufklärung	LEO (GEO)	–	Funk	1 (?) (Mercury)	unbekannt

Quelle: eigene Zusammenstellung nach INT 2002

Satelliten im LEO und können deshalb kleinere militärische Objekte nicht erkennen oder identifizieren. Neuere Systeme mit weiterentwickelten Sensoren und On-Board-Datenverarbeitung werden auch zur Detektion von startenden taktischen ballistischen Raketen und der unmittelbaren Voreinweisung von Aufklärungssatelliten im LEO für eine anschließende Detailaufklärung besser geeignet sein. Auch eine direkte Alarmierung der Abwehr könnte möglich werden.

Vorhandene/geplante Systeme

Die aktuellen US-amerikanischen Frühwarnsatelliten sind Bestandteil des Defense Support Program (DSP). Die DSP-Frühwarnsatelliten sind alle im GEO stationiert und mit Breitband-IR-Sensoren für zwei Wellenlängenbereiche ausgestattet; ihre Hauptaufgabe ist die Entdeckung von Raketenstarts. Die Empfindlichkeit der IR-Sensoren ermöglicht auch die Detektion von Flugzeugen, die mit eingeschalteten Nachbrennern fliegen, oder von Raumfahrzeugen in tieferen Orbits. Auch größere terrestrische Explosionen oder Brände werden registriert. Die Masse der Satelliten hat im Laufe der Zeit von anfänglich 900 kg auf 2 400 kg zugenommen. Die Abmessungen im Orbit sind 10 m Höhe und 6,7 m im Durchmesser. Auch die von Solarzellen zur Verfügung zu stellende elektrische Leistung wurde ständig gesteigert bis auf derzeit 1,5 kW.

Im Jahr 1995 wurde mit Einführung des ALERT-Systems (Attack and Launch Early Reporting to Theater) die Vorwarnung vor Angriffen mit Flugkörpern kurzer Reichweite verbessert. Die zuletzt vorgenommenen Änderungen betrafen die Vergrößerung des Abdeckungsbereichs auf die volle Hemisphäre, die Erhöhung des Auflösungsvermögens der Sensoren sowie die On-Board-Signalverarbeitung zur besseren Störungsunterdrückung (Clutter).

Mit einem zusätzlichen Sensorpaket (Nuclear-Detonation Detection System, NDS), bestehend aus optischen Sensoren sowie Röntgen-, Neutronen- und Gammastrahlendetektoren, können endo- und exoatmosphärische Nukleardetonationen entdeckt und lokalisiert werden.

Zur Verbesserung des Frühwarnsystems sind als Ergänzung zu den DSP-Satelliten im Rahmen des SBIRS-Programms (Space-Based Infrared System) weitere Satelliten mit verbesserter IR-Sensorik als so genanntes Increment 2-SBIRS-High geplant (s. a. Anhang 3, Tabelle 13, S. 84). Vorgesehen sind vier Satelliten im GEO und zwei im HEO. Zur Entdeckung und Verfolgung von Flugkörpern mittlerer und kurzer Reichweite sollen als weiterer Ausbauschritt (Increment 3-SBIRS-Low) Ergänzungssysteme auch in tieferen Orbits und dann notwendigerweise in größerer Zahl stationiert werden. Das Endsystem ist ein mehrschichtiges integriertes System. Zusammen mit den dazugehörigen Unterstützungssystemen am Boden soll SBIRS in das US-amerikanische Raketenabwehr-System integriert werden und Raketenstarts detektieren, die Flugbahn verfolgen und Daten zur Zieldiskriminierung liefern. Der erste Start von SBIRS-High ist für 2004 und der von SBIRS-Low für 2006 geplant. Die vollständige SBIRS-Low-Konstellation mit ungefähr 30 Satelliten soll dann 2011 stationiert sein.

Russland hat zwei Systeme von Frühwarnsatelliten auf der Basis von IR-Sensoren entwickelt. Die Überwachung der Raketenstarts erfolgt mit einem großen Teleskop. Das Ursprungssystem OKO („Auge“, andere Bezeichnung: SPRN-1) besteht in der vollen Konstellation aus neun Satelliten in hoch elliptischen Orbits. Die Bahnen der OKO-Satelliten sind so gewählt, dass die ICBM-Basen in den USA vom Apogäum aus gegen den Rand der Atmosphäre beobachtet werden können. Die Auslegungs-Lebensdauer beträgt drei bis fünf Jahre. Da ausgefallene alte Satelliten nicht ersetzt wurden, reduzierte sich die Satellitenzahl auf vier, die auch im Juli 2001 (von einer russischen Quelle) noch als operationell gemeldet wurden.

Eine zweite Serie von Frühwarnsatelliten, die Prognos-Serie (andere Kennung: SPRN-2), ist für die Stationierung im GEO vorgesehen. Ihre Positionen zielten bisher meist auf eine Überwachung der USA, seltener auf die Beobachtung des Fernen Ostens. Die Satelliten hatten jedoch technische Probleme und arbeiteten nie länger als zwei Jahre. Der letzte im Mai 1999 gestartete Prognos-Satellit driftete aus seiner Position. Mit dem Start eines neuen Prognos-Satelliten (Kosmos 2379) im August 2001 wurde diese Lücke geschlossen.

Seit 1990 wird über ein gemeinsames russisch-amerikanisches Frühwarnsystem diskutiert. Dieses Projekt hat als RAMOS-Projekt (Russian-American Observation Satellite) konkretere Formen angenommen. In diesem Programm sollen zwei Satelliten entworfen, gebaut und im Orbit erprobt werden. Die Hauptaufgabe ist, startende Raketen zu entdecken und ihre genaue Flugbahn zu vermessen. Es können aber auch Umweltdaten zur Hurrikan-Vorwarnung, Wald-

brandentdeckung oder Wettervorhersage gewonnen werden. Seitens der USA ist Kooperationspartner die Missile Defense Organization.

Nach derzeitigem Design sollen die beiden RAMOS-Satelliten im gleichen kreisförmigen Orbit in einer Höhe von ca. 510 km mit hoher Inklination und in einem Abstand von 50 bis 2 600 km stationiert werden. Die Sensorausstattung umfasst pro Satellit drei IR-Sensoren für verschiedene Spektralbereiche, die auf einen kleinen Messbereich fokussiert sind, außerdem je einen (ebenfalls fokussierten) UV-Sensor. Zur Entdeckung eines Ereignisses dienen fünf Kameras im sichtbaren Spektralbereich mit zusammen 30° Auffassungsbereich sowie eine lineare Photozellenanordnung (Scanner) mit noch größerem Gesichtsfeld. Ein Satellit soll darüber hinaus ein IR-Spektrometer, der andere ein IR-Polarimeter tragen. Mit letzterem will man herausfinden, ob falsche Alarmauslösungen durch Sonnenreflexionen an hohen Schichten der Atmosphäre („Glint“) durch Polarisationsmessungen vermieden werden können.

Die derzeitige Planung sieht vor, dass Russland für Satellitenplattformen, Startkapazitäten und Bodenkontrolle verantwortlich ist sowie die UV-Sensoren und die Kameras im sichtbaren Spektralbereich beiträgt. Der amerikanische Anteil soll aus den IR-Sensoren und dem Scanner-Sensor bestehen. Der Start ist für 2004/2005 vorgesehen, die geplante Nutzungsdauer liegt zwischen zwei und fünf Jahren.

Optische Aufklärung

Allgemeines/Technik

Satelliten zur optischen (im sichtbaren und IR-Spektralbereich) Aufklärung werden im LEO eingesetzt und dienen zur Detailaufklärung und Zielerfassung sowie zur Voreinweisung anderer Sensorsysteme. Sie erfassen jedoch nur einen Streifen am Erdboden längs der Flugrichtung bis etwa 200 km nach jeder Seite (maximale Auflösung nur auf etwa 10 km Breite). Weiterhin wird ein vorgegebenes Gebiet, je nach Zahl der eingesetzten Satelliten, nur in Abständen von Stunden bis einigen Tagen abgedeckt.

Während kommerzielle zivile Satelliten im sichtbaren Spektralbereich Bilder mit Auflösungen im Meterbereich anbieten, erzielen militärische Satelliten eine Auflösung von etwa 10 bis 15 cm. Hierfür müssen teleskopartige fotografische Systeme mit großen Spiegeln (Teleskopdurchmesser mindestens 3 m) eingesetzt werden, sodass auch die Satellitenplattform entsprechende Ausmaße haben muss. Allerdings nähert man sich wegen der atmosphärischen Turbulenzen bei der Auflösung bereits einer nur schwer oder gar nicht zu überwindenden Grenze. Mit IR-Sensoren sind typischerweise Auflösungen im Meterbereich erreichbar.

Niedrige Umlaufbahnen sind vorteilhaft in Bezug auf die Auflösung. Sie haben jedoch den Nachteil, dass die Lebensdauer von Satelliten mit abnehmender Höhe aufgrund der Luftreibung rapide sinkt. Satelliten zur optischen Aufklärung haben daher nur eine geringe Lebensdauer von einigen Wochen bis zu maximal drei bis fünf Jahren. Damit hängt die optische Aufklärung von der verfügbaren Startkapazität ab.

Langfristig sind auch Satelliten denkbar, die mit einem Laserstrahl die Erdoberfläche abtasten (Laser-Radar). Das reflektierte Signal könnte zur Identifikation der Form einzelner Objekte und damit zur Unterscheidung, z. B. zwischen Panzern und Raketenabschussrampen, oder zur Freund-Feind-Identifizierung dienen.

Vorhandene/geplante Systeme

Die verschiedenen Generationen und Varianten von Satelliten der Vereinigten Staaten zur optischen Aufklärung seit 1960 werden zumeist mit Keyhole (KH) bezeichnet. Sie werden alle im LEO eingesetzt. Die Details der aktuellen Satelliten und ihrer Missionen werden nicht veröffentlicht.

Die ersten Keyhole-Satelliten (KH-1 bis KH-9) waren mit Kameras und Filmrollen ausgerüstet, die in einer Kapsel mit Fallschirm vom Satelliten ausgestoßen und von Flugzeugen mit Netzen aufgefangen wurden. Später wurden die Bilder an Bord des Satelliten entwickelt und mit einer Fernsehkamera abgetastet und die Daten dann auf Magnetband aufgezeichnet und über Funk übertragen.

Im 1976 erstmals gestarteten KH-11 wurde bereits das Bild pixelweise mit Halbleitersensoren erfasst. Die Bilder können dann gespeichert und entweder unmittelbar oder über Relaissatelliten per Funk an die Auswertezentralen übertragen werden. Der 1984 gestartete KH-11/6 war über zehn Jahre funktionsfähig. Die USA hatten fast ständig zwei KH-11 operationell im Orbit.

Die Zeichnung in Abbildung 8, S. 38 zeigt eine mögliche Anordnung der verschiedenen Komponenten des Satelliten. Dabei wurde von einer Länge des Satelliten von 13,1 m und einem Durchmesser von maximal 3,0 m ausgegangen. Die KH-11 haben eine Masse von ca. 13 t. Die optische Achse des Teleskops verläuft in der Achse des Satelliten. Der angenommene Durchmesser des Hauptspiegels im Zentrum des Satelliten liegt zwischen 2,3 m und 2,4 m.

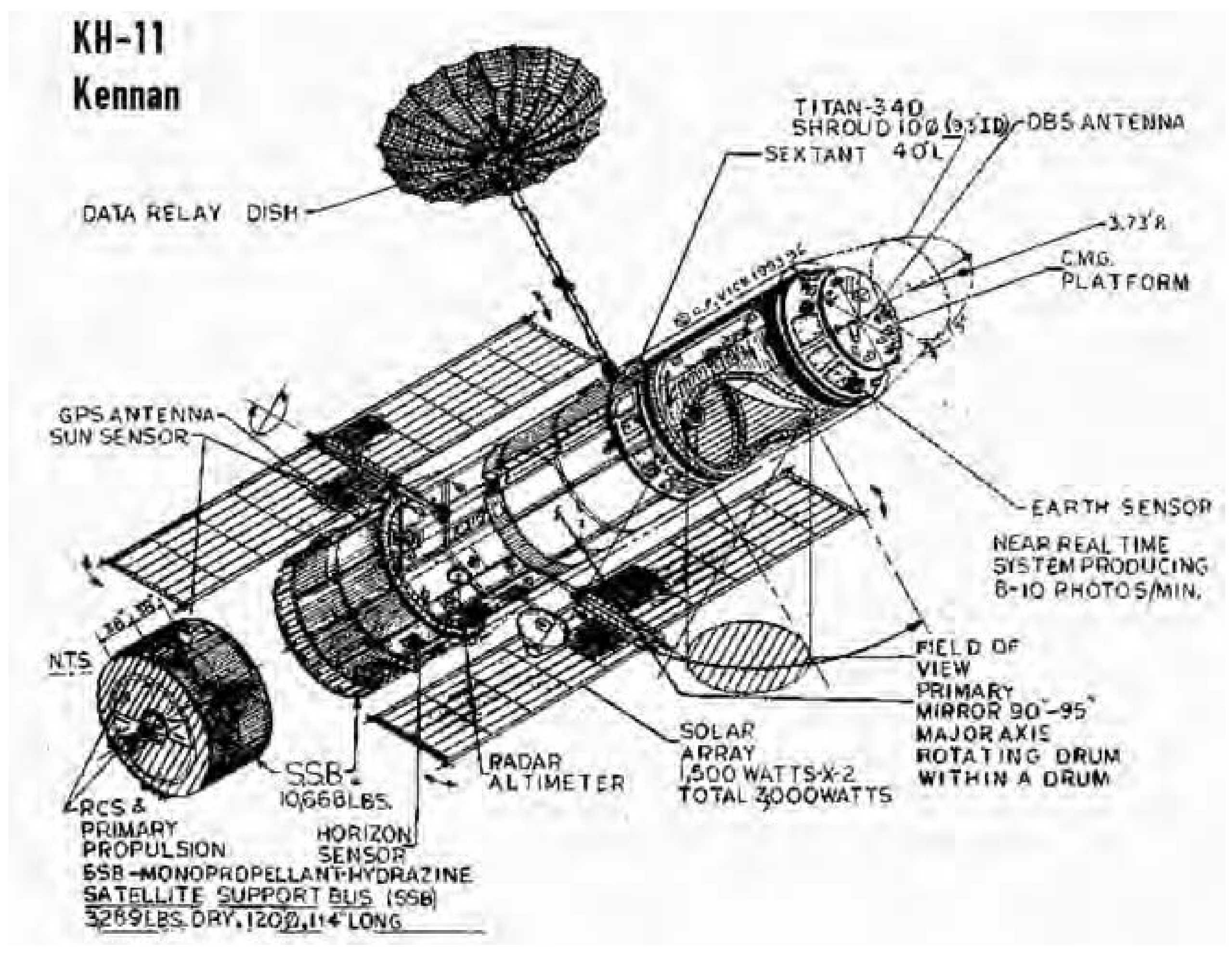
Der aktuellste optische Aufklärungssatellit ist der Nachfolgesatellit KH-12, der auch als Improved Crystal oder als Advanced KH-11 bezeichnet wird. Er hat einen Durchmesser von 4,5 m und eine Länge von 15 m. Die größeren Abmessungen liegen zum Teil an der Integration eines Antriebs, der dem KH-12 sowohl eine längere Operationszeit im Orbit als auch eine Manövrierfähigkeit ermöglicht. Damit kann er zur Erfassung größerer Suchbereiche in eine Kipplage gebracht werden oder auch Ausweichmanöver vor Angreifern durchführen. Entsprechend ist auch die Masse auf 18 t angestiegen.

Es wird berichtet, dass die optischen Sensoren des KH-12 einen zum IR hin erweiterten spektralen Empfindlichkeitsbereich erhalten haben und auch andere Sensoren (z. B. zur Funkaufklärung) integriert wurden. Damit soll auch eine gute Nachtsichtfähigkeit erreicht worden sein. Mit dem größeren Spiegel von mindestens 3 m Durchmesser soll aus einer Umlaufbahn zwischen 200 und 400 km Höhe eine Bildschärfe erreicht werden, die mit einer Bodenauflösung von 10 bis 15 cm die Qualität der besten Filmaufnahmen mit Rückkehrkapseln erreicht.

Seit Mitte der 1960er-Jahre verfügte die Sowjetunion immer mindestens über einen operationellen optischen Aufklärungssatelliten. Anfang 1980 wurden die Neman-Satelliten (andere Bezeichnung: Jantar-4KS1) eingeführt. Sie arbeiten elektrooptisch und nehmen digitale Bilder auf, die entweder direkt zur Kontroll-Station oder über einen Relaissatelliten im GEO (Potok-„Strom“) gesendet werden. Die derzeit letzte Neman-Mission wurde im Mai 2001 gestartet. Der Satellit fliegt in einem etwas höheren, fast kreisförmigen LEO (404 x 417 km). Die geschätzte Lebensdauer liegt bei drei bis fünf Jahren.

Abbildung 8

Unautorisierte Prinzipzeichnung des US-amerikanischen optischen Aufklärungssatelliten KH-11



Quelle: FAS, nach INT 2002

Eine hohe Qualität ist bei elektrooptischen Aufnahmen immer noch schwerer zu erreichen als bei Filmaufnahmen. Wahrscheinlich aus diesem Grund wurden die 1989 eingeführten neuen Don-Satelliten wieder mit Filmkameras ausgestattet. Sie haben zehn bis zwölf Filmrückkehrkapseln, die in Intervallen von sieben bis zehn Tagen zur Erde zurückkehren, während der Satellit weiter im Orbit verbleibt und am Ende der Mission zerstört wird. Vermutlich eine Weiterentwicklung der Don-Satelliten sind die Jenissej-Satelliten, die erstmals 1994 geflogen sind. Sie sollen 22 Filmkapseln tragen und werden am Ende der Mission nicht mehr zerstört, sondern durch Wechsel auf andere Bahnen aus dem Orbit entfernt. Von maximal jährlich 35 bis 40 Starts in den 1980er-Jahren sank die Startrate auf derzeit zwei. Dies führte dazu, dass eine kontinuierliche optische Aufklärung nicht mehr möglich ist.

Frankreich betreibt seit 1995 zusammen mit Italien und Spanien zwei optische Aufklärungssatelliten (Helios-1A, Helios-1B) im niedrigen polaren Orbit. Diese Satelliten liefern ca. 100 digitale Bilder pro Tag mit einer Auflösung von 1 bis 5 m. Nachteilig ist, dass nur im sichtbaren Teil des Spektrums gearbeitet wird und dadurch das System auf Tageslicht und klare Sicht angewiesen ist. Das für 2004 geplante Nachfolgesystem Helios-2 (Spaceflight.Now 2003) soll ebenfalls aus zwei Satelliten im niedrigen polaren Orbit bestehen, aber auch im IR und mit höherer Auflösung (0,8 m) und verbesserter Wiederholrate arbeiten.

Eine andere Option zur militärischen Nutzung von Satellitenbildern wird von der Westeuropäischen Union mit dem Betrieb eines Satellitenbildzentrums (Torrejon, Spanien) verfolgt. Hier werden neben den Helios-Bildern vor allem kommerziell erhältliche Bilder ausgewertet, die z. B. für den Kosovo-Einsatz der NATO genutzt wurden.

Sowohl von China als auch von Israel ist bekannt, dass sie über eigene Aufklärungssatelliten verfügen. Zusätzlich werden vom israelischen Verteidigungsministerium auch kommerzielle optische Satelliten mitbenutzt.

Radaraufklärung

Allgemeines/Technik

Radar kann wellenlängenbedingt auch durch Wolken dringen und ist als aktives System unabhängig von externer Beleuchtung. Radarsysteme können daher zur wetter- und tageszeitunabhängigen kontinuierlichen Aufklärung eingesetzt werden. Nachteilig im Vergleich zu optischen Satelliten ist vor allem der hohe Strombedarf im Satelliten aufgrund des aktiven Radarbetriebs.

Neben der Überwachung größerer Bereiche mit Erfassung und Verfolgung von Punktzielen ist mit Radar auch eine bilderzeugende Aufklärung möglich. Derzeitige operationelle Radarsatelliten werden überwiegend zur Bildgewinnung eingesetzt. Beim geplanten US-amerikanischen raumgestützten Radar (SBR, Space-Based Radar) wird die Punktzielerfassung mit einbezogen.

Ein gutes Radar-Auflösungsvermögen kann mit sehr großen Antennen (reale Apertur) oder weniger aufwendig mit der so genannten Technik der synthetischen Apertur (Synthetic-Aperture Radar, SAR) erreicht werden. Dabei wird mit bewegtem Radarsensor die Abbildungsqualität einer großen Antenne synthetisch durch Aufsummierung der Rückstreusignale während des Überfluges erreicht. Bei dieser Betriebsart wird mit schwenkbaren Antennen ein spezielles Zielgebiet während des gesamten Überfluges abgetastet. Das maximale Bodenauflösungsvermögen eines SAR-Satelliten liegt im Meterbereich und damit fast bei fotografischer Qualität.

Bei den zunehmend zum Einsatz kommenden phasengesteuerten Antennen werden die Antennen nicht mechanisch, sondern elektronisch und damit schneller und präziser geschwenkt. Grundsätzlich ist damit auch ein Multifunktionsbetrieb möglich. So können z. B. mehrere Schwerpunkte im Schwenkbereich gebildet oder neben dem allgemeinen Überwachungsmodus parallel eine Schwerpunktbildung weiter betrieben werden.

Durch Tandem-Interferometrie (d. h. den Vergleich von zwei aus benachbarten Positionen aufgenommenen Bildern derselben Szene) ist auch die Erschließung der dritten Dimension möglich. Die beiden europäischen Satelliten ERS-1 und ERS-2 (ERS, European Remote Sensing) erreichten mit 10 m langen Antennen ein geometrisches Auflösungsvermögen von ca. 30 m und die Auflösung von Höhenunterschieden im Zentimeterbereich.

Langfristig könnten alle Aufgaben der bisher luftgestützten Radaraufklärung auf raumgestützte Plattformen übertragen werden. Weiter gehende Überlegungen sehen Systeme vor, bei denen unbemannte Luftfahrzeuge (Unmanned Aerial Vehicle, UAV) als Empfänger des von Satelliten ausgestrahlten und vom Ziel reflektierten Radarsignals dienen. Damit könnte der Vorteil der weiträumigen Abdeckung durch raumgestütztes Radar mit den speziellen Anforderungen an eine Gefechtsfeldaufklärung verbunden werden.

Vorhandene/geplante Systeme

In den USA begann 1983 die Entwicklung für einen SAR-Satelliten unter dem Namen Lacrosse bzw. Onyx. Der erste Start erfolgte dann im Dezember 1988 mit einem Space Shuttle. Markantes Merkmal der Lacrosse-Satelliten ist eine sehr große Radarantenne. Auch die Solar-Panels müssen sehr groß sein, um die erforderliche elektrische Energie für den Radarbetrieb zur Verfügung zu stellen. Es wird von einer Spannweite von bis zu 50 m berichtet. Daraus lässt sich eine verfügbare elektrische Leistung zwischen 10 und 20 kW ableiten.

Die erzielbare Auflösung ist ohne nähere Informationen schwer abzuschätzen. Es wird jedoch ein Wert besser als 1 m erwartet, der jedoch nur für kleinere Beobachtungsgebiete von einigen 10 km Seitenlänge erreichbar ist. Deshalb ist anzunehmen, dass andere Betriebsmodi mit schlechterer Auflösung für die Abbildung größerer Gebiete mit Seitenlängen im Bereich einiger 100 km zur Verfügung stehen. Die Verarbeitung der anfallenden Datenmenge erfordert eine enorme Computerleistung und entsprechende Datentransfers mit der Bodenstation im Bereich mehrerer 100 Mbit/s.

Die nahezu kreisförmigen Orbits der Lacrosse-Satelliten liegen bei ca. 650 bis 690 km Höhe. Im März 1991, im Herbst 1997 und im August 2000 wurden vermutlich je ein weiterer Satellit der Lacrosse-Familie gestartet (Onyx 2 bis 4). Onyx 3 wurde in Orbits um 3 000 km beobachtet. Abbildung 9, S. 40 zeigt Arbeiten an einem Lacrosse-Satelliten und verdeutlicht die Ausmaße des Satelliten. Antennen und Solarzellen sind offensichtlich noch nicht montiert.

Zur Verbesserung der weltweiten Zielaufklärung wird ein raumgestütztes Radar zur Bodenzieldetektion (Space-Based Radar, SBR) geplant. Es soll auch sich langsam bewegende Ziele durch ein MTI-Radar (Moving-Target Indication) überwachen. Daneben soll ein SAR zur Bildgewinnung integriert werden. Im Jahr 2004 soll die Entscheidung über die Systemarchitektur erfolgen, sodass die ersten Starts ab 2010 möglich werden.

Russland hat vermutlich aus Kostengründen derzeit keine rein militärischen Radarsatelliten im Orbit. Mit Nachfolgesystemen der Almas-Serie aus den 1980er-Jahren werden kommerziell SAR-Bilder mit einer Auflösung von 15 m vermarktet.

Zur Vervollständigung der Aufklärungsfähigkeit europäischer Streitkräfte wurde in Deutschland 2001 die Entwicklung eines Satelliten unter dem Programmnamen SAR-Lupe beschlossen. Das Raumsegment von SAR-Lupe soll im Endausbau aus fünf identischen Satelliten mit einer Masse von ca. 770 kg, Abmessungen von 4 m x 3 m x 2 m sowie einem Energieverbrauch von 250 W bestehen. Die Bahnen, annähernd kreisförmige polare LEOs in ca. 500 km Höhe, sind in drei um ca. 60° versetzten Ebenen angeordnet. Die Satelliten sollen mit einer neuen SAR-Technik ausgestattet werden. SAR-Lupe kann im Überwachungsmodus ein viele Quadratkilometer großes Gebiet beobachten. Wird von der Bodenstation ein verdächtiges Objekt identifiziert, so kann der Satellit in einen höher auflösenden Modus gesteuert werden. Der erste SAR-Lupe-Satellit wird voraussichtlich nicht vor 2005 gestartet. Die übrigen vier Satelliten sollen dann im halbjährlichen Abstand auf die entsprechende Umlaufbahn gebracht werden. Die geplante Lebensdauer beträgt zehn Jahre.

Abbildung 9

Montage eines Lacrosse-Radaraufklärungssatelliten



Quelle: FAS, nach INT 2002

Fernmeldeaufklärung

Allgemeines/Technik

Fernmeldeaufklärungs- und Elektronische Abhörsatelliten (Fm/Elo-Satelliten) tragen durch Aufzeichnung elektromagnetischer Abstrahlungen, wie Radarbetrieb und Telemetriedaten oder Funkverkehr, zur Gewinnung von Informationen über technische Systeme oder militärische Operationen bei.

Eine das gesamte Frequenzspektrum abdeckende raumgestützte Aufklärung ist schwierig zu realisieren. Elektromagnetische Wellen mit Frequenzen zwischen 0,5 und 15 MHz können die Ionosphäre nur in seltenen Fällen durchdringen. Im Bereich der Mikrowellen ist die Dämpfung dagegen erheblich schwächer.

In hoch industrialisierten Regionen sowie über Zonen militärischen Konflikts ist wegen der zu erwartenden hohen Signaldichte die Trennung verschiedener Emitter, insbesondere die Trennung von militärischen und zivilen Signalquellen, von einem raumgestützten System aus schwierig bis unmöglich.

Geostationäre oder hoch elliptische Bahnen sind für Fm/Elo-Satelliten hinsichtlich der hier möglichen Dauerbeobachtung von großem Interesse, jedoch schwierig zu realisieren. Die entfernungsbedingt geringere empfangbare Signalstärke am Satelliten macht eine sichere Signaldetektion schwierig. Darüber hinaus werden sehr große Empfangsantennen benötigt, die an der Grenze des technisch Machbaren bzw. jenseits davon liegen. Im LEO herrschen aufgrund der geringeren Abstände von Satellit und Emitter günstigere Bedingungen hinsichtlich der empfangbaren Signalpegel.

Für die Elektronische Aufklärung ist ein System mit nachführbarer Antenne am besten geeignet. Probleme ergeben sich allerdings in der Echtzeit-Datenübertragung, da diese üblicherweise in den zu analysierenden Frequenzbändern erfolgt.

Vorhandene/geplante Systeme

Die USA betreibt eine ganze Reihe von Fm/Elo-Satelliten, deren Details in der Regel selbst bei älteren Systemen noch weitgehender Geheimhaltung unterliegen. Ein speziell zur Ozeanüberwachung eingesetztes System ist NOSS (Naval Ocean Surveillance Satellite). Hierbei fliegen drei Gruppen von Satelliten in enger Formation. Es detektiert die Positionen von Schiffen durch Radio-Interferometrie. Eine 1990 eingeführte Klasse ist die Mercury-Serie, häufig auch Vortex 2 genannt.

Seit 1967 wurden von der Sowjetunion mehr als 200 spezielle Fm/Elo-Satelliten erfolgreich gestartet. Darüber hinaus werden auch auf anderen Satelliten Fm/Elo-Systeme als Sekundärsysteme betrieben.

Es werden zwei Klassen von Abhör-Satelliten im LEO eingesetzt. Die eine mit der Bezeichnung Zelina („Neuland“) fliegt auf festen Bahnen und sammelt weltweit Daten. Als Lebensdauer der derzeitigen Zelina-2-Satelliten werden ein bis zwei Jahre geschätzt. Der letzte Start war 2000 und es wird für wahrscheinlich gehalten, dass dies derzeit der einzige operationelle Zelina-2-Satellit ist. Die zweite Klasse ist EORSAT (Electronic Ocean Reconnaissance Satellite) und ist auf Ozeanüberwachung spezialisiert. Die volle EORSAT-Konfiguration besteht aus drei bis vier gleichzeitig in einem LEO operierenden Satelliten. Diese Zahl reduzierte sich in

der letzten Zeit bis auf einen Satelliten, der im November 1999 ebenfalls sein Missionsende erreichte. Nach einer sechswöchigen Pause wurde ein weiterer EORSAT-Satellit gestartet, der wahrscheinlich noch operationell im Orbit ist. Die Lebensdauer von Satelliten der EORSAT-Serie dürfte 18 bis 24 Monate betragen.

Als Einstieg in ein europäisches elektronisches Abhörsystem wird in Frankreich an einem Mikrosatellitensystem gearbeitet. Die Satelliten sind nur 120 kg schwer und sollen im Verbund arbeiten. Das Netzwerk, genannt Essaim („Schwarm“), soll aus vier Satelliten bestehen, die in geschlossener Formation in 680 km Höhe mit ungefähr 10 km Abstand fliegen. Der Vorteil der Netzwerkanordnung besteht darin, dass hier die Kapazität großer Sensoren mit erheblich geringerem Aufwand erreicht werden kann. Von den vier Satelliten sollen drei aktiv und einer in Reserve sein. Die Überflugzeit von ungefähr 10 Minuten soll für eine Analyse der aufgefangenen Signale ausreichen. Für eine weiter gehende Bewertung der Ergebnisse kann dann an andere Aufklärungsmittel übergeben werden.

1.3.2 Führung/Kommunikation

Allgemeines/Technik

Die militärische Weitbereichskommunikation verlagert sich immer mehr auf Satelliten.[4] Damit bildet die Satellitenkommunikation neben den Festnetzen und der terrestrischen Mobilkommunikation den dritten Eckpfeiler der zukünftigen militärischen Breitbandkommunikation. Benötigt werden Systeme, die Verbindungen zwischen weltweit stationierten Einsatzkräften und zentralen Informationsstellen im Heimatland bereitstellen. Meist kommen dafür Satelliten im GEO zum Einsatz. Auch für die möglichst zeitnahe Übertragung der Bilddaten vom Aufklärungssatelliten zur Bodenstation sind in der Regel Relaissatelliten im GEO erforderlich.

Für eine bis auf die Polkappen vollständige Abdeckung der Erde werden nur drei geostationäre Satelliten benötigt. Um auch in Gebieten mit höherem zu erwartendem Datenaufkommen eine sichere Verbindung zu gewährleisten, sind jedoch u. U. mehr geostationäre Satelliten erforderlich. Da bei zu enger Positionierung der Satelliten mit gegenseitigen Störungen gerechnet werden muss, sind die Orbit-Positionen nur mit Einschränkungen verfügbar. Insbesondere sind im militärisch genutzten X-Band die für Deutschland interessanten Positionen bereits vollständig besetzt.

Das allgemeine Problem der Übertragungssicherheit ist durch störsichere Übertragungstechniken und geeignete Verschlüsselungsverfahren aus technischer Sicht weitgehend lösbar. Spezielle militärische Anforderungen an die Satellitenkommunikation ergeben sich nur in Teilbereichen wie Hochsicherheits-Verschlüsselung oder bei Maßnahmen gegen beabsichtigte Störungen des Gegners. Eine eigene militärische Satellitenkommunikation wird vor allem wegen einer gesicherten Verfügbarkeit im Einsatzfall angestrebt. Darüber hinaus sind zivile Kommunikationseinrichtungen beispielsweise nicht für das schnelle Senden und Empfangen („Burst Mode“) ausgelegt, das für die Kommunikation mit U-Booten notwendig ist, um lange Aufenthalte nahe der Wasseroberfläche zu vermeiden.

Neben der flächendeckenden Versorgung durch Satelliten auf geostationären Bahnen, wie zum Beispiel beim Satellitenfernsehen, werden in naher Zukunft verstärkt Netze mit Satelliten in erdnahen Umlaufbahnen in Betrieb genommen. Die Vorteile solcher LEO-Systeme liegen in wesentlich kürzeren Signallaufstrecken und geringeren Dämpfungsproblemen. Dadurch wird sogar mit Handgeräten eine verzögerungsfreie mobile Sprachkommunikation möglich. Der Nachteil liegt in der benötigten hohen Satellitenanzahl für eine globale Abdeckung.[5]

Ein großes Problem der Satellitenkommunikation ist die prinzipielle Begrenzung der nutzbaren Frequenzbereiche. Für im GEO stationierte Kommunikationssatelliten ist mit der rapiden Zunahme des weltweiten zivilen Kommunikationsaufkommens die Erschöpfung der Kapazitäten für die Datenübertragung absehbar. Dies bezieht sich sowohl auf die Frequenzbereiche als auch auf den räumlichen Abstand der Satelliten (Vermeidung von Übersprecheffekten). Eine mögliche Lösung besteht in der Nutzbarmachung höherer Frequenzen als wie bisher 20 GHz, wodurch auch breitbandigere Datenübertragungen möglich werden. Eine weitere Möglichkeit, digitale Daten effizienter zu übertragen, ist die Kompression von Bild und Sprache.

Höhere Frequenzen bieten darüber hinaus den Vorteil geringerer Geräteabmessungen sowie ausgeprägterer Antennenrichtcharakteristik. Von Nachteil ist jedoch, dass in diesem Frequenzbereich Dunst und Wolken die Signale auf dem Übertragungsweg beeinträchtigen. Eine weitgehend wetterunabhängige Signalübertragungsstrategie ist noch Gegenstand der Forschung. Ein Lösungsansatz besteht in einer möglichst scharfen Bündelung der Abstrahlungen. Damit ist gleichzeitig ein Schutz gegen Aufklären, Abhören und Stören gegeben.

Mittlerweile erlauben phasengesteuerte elektronische Antennen bei genügend großem Winkelabstand die Kommunikation mit verschiedenen Partnern in einem einzigen Frequenzbereich. Damit können Satelliten einen Frequenzbereich mehrfach nutzen. Auch die bei LEO-Systemen notwendige Strahlnachführung für ortsfeste Teilnehmer wird durch den Einsatz solcher Antennen ermöglicht.

Für die Informationsübertragung zwischen Satelliten bieten sich 60-GHz-Kommunikation und Laserkommunikation an, da die hohen atmosphärischen Dämpfungen wegen der auf diesem Übertragungsweg im Weltall fehlenden Atmosphäre entfallen. Mit optischer Signalübertragung können besonders hohe Bandbreiten erzielt werden. Besonders Blau-Grün-Laser sind wegen ihrer günstigen Dämpfungseigenschaften im Seewasser zur schnellen Datenübertragung zwischen getauchtem U-Boot und Satellit in beiden Richtungen geeignet. Zumindest experimentell wurden sie wahrscheinlich auch schon realisiert.

[4] Mehr als 90 % aller Weitbereichskommunikation der US-Streitkräfte bei ihrem Einsatz im ersten Golfkrieg soll über den Weltraum – einschließlich ziviler Satelliten – abgewickelt worden sein (Klotz 1997, S. 7).

[5] So arbeitet das bereits in Betrieb befindliche Iridium-Netz, das weltweite Telefonie ermöglichen soll, mit insgesamt 66 Satelliten auf sechs verschiedenen Bahnebenen. Das geplante Globalstar-System soll mit 48 Satelliten in acht Ebenen arbeiten.

Um die Abhängigkeit von weit entfernten und verwundbaren Bodenstationen zu reduzieren, bietet sich der Übergang zu Relaisstationen mit On-Board-Vermittlung an, wie beim US-amerikanischen Milstar-System. Bei dieser aufwendigen Technik sorgen Computer an Bord der Satelliten für die Weiterleitung von Signalen von Satellit zu Satellit oder zum angewählten Empfänger. Die Steuerung dieses Vermittlungsnetzes kann dabei von einem sicheren Territorium aus erfolgen.

Vorhandene/geplante Systeme

Die USA betreiben mehrere militärische Kommunikationssatellitensysteme wie FLTSAT (Fleet Satellite Communications) und DSCS (Defense Satellite Communications System), die bis auf die Zugangssicherheit, bestimmte Frequenzbänder, Orbits und andere Details im Wesentlichen auf ziviler Architektur und Technik basieren.

Eine grundsätzlich andere Architektur wird dagegen beim Milstar-System realisiert. Die Milstar-Satelliten leiten die vom Boden oder einem anderen Satelliten empfangene Nachricht je nach Erreichbarkeit des Adressaten entweder direkt zu dessen Bodenstation oder an andere Satelliten des Netzes weiter. Damit ist jeder Milstar-Satellit ein Knoten im globalen Kommunikationsnetz. Dessen Konfiguration wird von einer einzigen Station vom eigenen Territorium aus überwacht und gesteuert. Die zur Weiterleitung verwendete Datenbasis in den Satelliten kann von der Zentrale modifiziert und damit das gesamte Netz innerhalb weniger Minuten der aktuellen Lage angepasst werden.

Die Milstar-Konfiguration besteht seit Januar 2002 aus vier Satelliten. Ein fünfter Milstar-Satellit soll Anfang 2003 gestartet werden (Space-Launcher.com 2003) und den ältesten Satelliten ersetzen, der dann noch als Reserve im Orbit verbleibt. Jeder Satellit wiegt 4 500 kg und hat eine geplante Lebensdauer von zehn Jahren. Die Solar-Panels liefern 10 kW elektrische Energie. Datenraten von bis zu 1,5 Mbit/s sind möglich.

Russland betreibt ein zweischichtiges System rein militärischer Kommunikationssatelliten. Die Strela-3-Satelliten („Pfeil“) operieren im LEO und wurden ursprünglich in Clustern von sechs Satelliten gestartet. Sie erlauben den Empfang von Nachrichten aus entfernten Gebieten innerhalb und außerhalb des eigenen Territoriums. Die Nachrichten werden gespeichert und in das Kontrollzentrum übertragen, wenn die Satelliten in dessen Reichweite sind. In letzter Zeit werden bei Starts aus Kostengründen nur noch drei Strela-3-Satelliten in den Orbit gebracht, während zusätzlich drei kommerzielle Satelliten mitgestartet werden. Die zweite Schicht militärischer Kommunikationssatelliten, Raduga („Regenbogen“) und dessen Nachfolgesystem Raduga-1, ist im GEO stationiert. 1994 betrug die Satellitenkonstellation noch 13 Satelliten in neun Positionen. Wegen des Ausfalls von Systemen im Orbit reduzierte sich diese Zahl bis 2000 auf fünf Satelliten. Ein weiteres Satellitensystem im GEO, Potok („Strom“), dient als Relaissatellit zur Kommunikation mit Aufklärungssatelliten, die keinen direkten Funkkontakt haben.

Zur Kommunikation der europäischen und amerikanischen NATO-Partner betreibt die NATO eine eigene Satellitenverbindung. Die derzeitige Konfiguration besteht aus drei Satelliten, von denen noch einer (NATO III D) aus der dritten Generation stammt, während die anderen beiden (NATO IV A und NATO IV B) bereits der neuen Generation angehören.

Das Raumsegment des britischen Systems besteht aus drei Satelliten der Skynet-Serie im GEO. Die Satelliten der aktuellen vierten Generation Skynet 4 haben eine Masse von 790 kg und sind 16 m lang mit einem Durchmesser von ca. 2 m. Die geplante Lebensdauer liegt bei sieben Jahren. Vermutlich als Ersatz für ältere Satelliten wurden 1999 und 2001 weitere Satelliten der Skynet-4-Serie (Skynet 4E und Skynet 4F) in den Orbit gebracht. Sie sind mit acht Transpondern (SHF, UHF, S-Band) bestückt. Die vorgesehene Nachfolgegeneration Skynet 5 soll wesentliche Verbesserungen hinsichtlich Zuverlässigkeit, Überlebensfähigkeit und Sicherheit aufweisen und 2005 in Dienst gestellt werden.

Als Mitflug auf einer Ariane 4 mit dem britischen Skynet-4F-Satelliten wurde auch ein italienischer militärischer Kommunikationssatellit, SICRAL 1 (Sistema Italiana de Communicazione Riservente Allarmi), in den GEO befördert. Auf ihm werden neun Transponder im SHF-, UHF- und EHF-Band betrieben. Frankreich nutzt derzeit eigene zivile Satelliten (Telecom IIA bis IID) für speziell gesicherte militärische Kommunikationskanäle (Système de Radiocommunication Utilisant un Satellite II, SYRACUSE II). Für 2005 ist eine Konfiguration von drei militärischen GEO-Satelliten (SYRACUSE 3) geplant. Planungen in Deutschland zur Deckung des gewachsenen militärischen Bedarfs an Satellitenkommunikation sehen als Kurzfristlösung angemietete Kanäle auf zivilen Satelliten (Inmarsat, Intelsat, Eutelsat) vor. Mittelfristig ist zusätzlich ein Abkommen mit Frankreich zur Mitbenutzung des SYRACUSE-Systems geplant.

1.3.3 Positionsbestimmung/Navigation/ Zeitgebung

Allgemeines/Technik

Satellitennavigation ist, sowohl militärisch als auch zivil, das wichtigste Navigationsverfahren. Dabei senden die Satelliten präzise zeitgesteuerte Zeitsignale und Daten über ihre eigene Position aus. Der Nutzer kann damit seine Eigenposition und seine Geschwindigkeit bestimmen. Zur Erhöhung der Navigationsgenauigkeit wird anstelle der derzeitig installierten Atomuhren (Rubidium- und Cäsium-Uhren) in den USA und in Russland an raumflugtauglichen Wasserstoff-Maser-Uhren gearbeitet. Weitere Verbesserungen in der Navigationsgenauigkeit lassen sich mit differentiellen Navigationsverfahren erreichen. Diese basieren auf stationären Empfängern, die Korrektursignale zum empfangenen fehlerbehafteten Satellitensignal ermitteln und verbreiten. Dies ermöglicht die Navigation mit einer Genauigkeit von besser als 5 m in einer Distanz von bis zu 2 000 km von der Referenzstation.

Bedingt durch Fortschritte in der Halbleitertechnologie sind Empfänger in großer Vielfalt als handliche Einzelsysteme oder als Einbaukarten preiswert verfügbar. Sie werden inzwischen bereits auf einem einzigen Chip integriert und als Einbau z. B. in eine Armbanduhr kommerziell angeboten.

Eine Schwachstelle der Satellitennavigation ist die vergleichsweise einfache Störbarkeit insbesondere während der

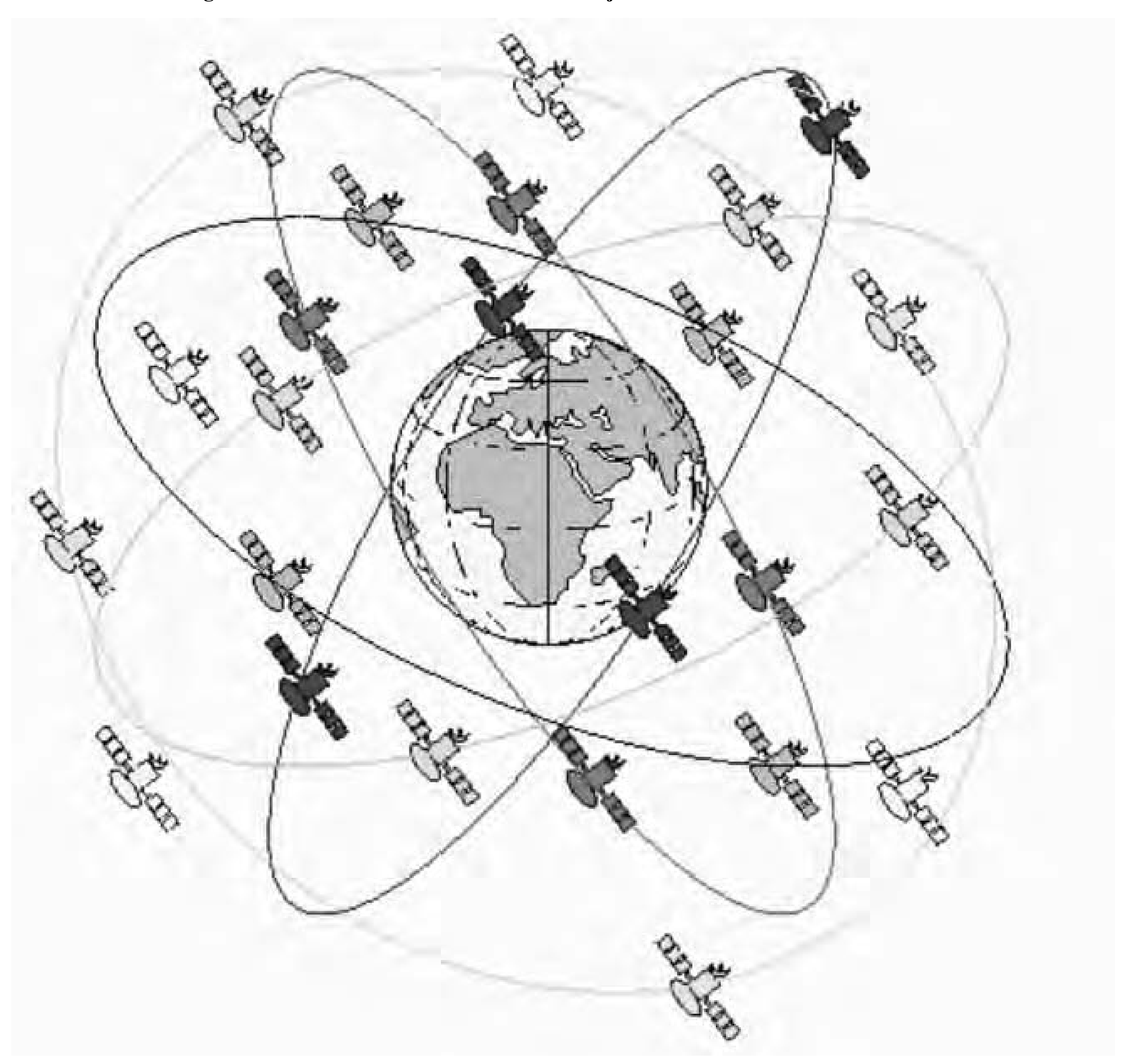
Initialisierungsphase des Empfängers. Aber auch im laufenden Betrieb kann das System z. B. mit einem 100-Watt-Störsender noch über eine Entfernung von ca. 40 km effektiv gestört werden. Für militärische Anwendungen sind daher reine Satellitennavigationsverfahren zu unsicher. Daher werden Hybridlösungen von Satellitenempfängern in Verbindung mit anderen Navigationsverfahren (z. B. mit Inertial- und/oder Korrelationsnavigation) eingesetzt.

Vorhandene/geplante Systeme

Das Raumsegment des US-amerikanischen Global Positioning System (GPS) besteht aus mindestens 24 NAVSTAR-Satelliten (Navigation Satellite Timing and Ranging), die auf sechs verschiedenen, um 55° gegenüber dem Äquator geneigten Bahnen in ca. 20 000 km Höhe innerhalb von zwölf Stunden die Erde umkreisen (Abbildung 10).

Abbildung 10

Konfiguration des US-amerikanischen GPS mit je vier Satelliten auf sechs Bahnebenen



Quelle: Frisch, Keipes 2003

Die vollständige Satellitenkonfiguration mit je vier Satelliten auf jeder der sechs Bahnen stellt sicher, dass an jedem Punkt der Erde zu jedem Zeitpunkt die für eine dreidimensionale Positionsbestimmung benötigten Signale von mindestens vier Satelliten gleichzeitig empfangen werden können. Darüber hinaus erlaubt diese Bahnkonstellation eine ständige rein nationale Überwachung und Steuerung aller Satelliten vom US-amerikanischen Territorium aus. Der Ausbau des Systems ist jetzt abgeschlossen. Zurzeit sind 28 Satelliten einsatzbereit im Orbit.

Die für autorisierte Benutzer erreichbare Genauigkeit liegt im Bereich von 1 m. Für den allgemeinen zivilen Gebrauch wird eine Auflösung von besser als 10 m angeboten, die durch Zuschalten eines Störsignals gezielt verschlechtert werden könnte. Als Nebeneffekt steht durch GPS auch ein Zeitsignal mit einer Genauigkeit von 100 ns zur Verfügung. Weitere Steigerungen der Positionsgenauigkeit bis in den Submeterbereich werden angestrebt.

Verbesserungen des Systems beziehen sich auch auf die Störresistenz und die Verhinderung der missbräuchlichen Nutzung des militärischen Signals, z. B. durch gegnerische Lenkflugkörper. Da die Satellitennavigation in sehr viele militärische Systeme integriert worden ist, kommt dem Schutz vor Störern eine große Bedeutung zu. Diesem Zweck dienen auch Vorkehrungen bei den Satelliten, wie eine größere Signalstärke und neue Code-Strukturen. Wegen ihrer Bahnhöhe sind die GPS-Satelliten mit Antisatellitenwaffen nur schwer anzugreifen. Überdies ist das System mit derzeit 28 Satelliten redundant ausgelegt.

Das Anfang 1996 fertig gestellte russische System GLONASS basiert wie GPS auf 24 Satelliten, die allerdings in drei statt in sechs Ebenen angeordnet sind. Ein wichtiger Unterschied besteht darin, dass bei GLONASS kein privilegierter Zugang vorgesehen ist. Die allgemein zugängliche Genauigkeit liegt bei 50 bis 70 m.

Durch Ausfall bereits stationierter Satelliten ist die volle Leistungsfähigkeit von GLONASS nicht mehr gewährleistet. Wegen fehlender bzw. stark reduzierter Startkapazitäten sank die Zahl der operationellen Satelliten und beträgt derzeit nur noch sieben, wobei eine der drei Ebenen nicht besetzt ist. Neben dem auch zivil zugänglichen GLONASS betreibt Russland seit 1970 das militärische Satellitennavigationssystem Parus („Segel“). Parus ermöglicht eine Positionsbestimmung für Schiffe mit einer Genauigkeit von 80 bis 100 m.

Das geplante europäische Satellitennavigationssystem Galileo soll ein offenes, globales und ziviles System unter europäischer Kontrolle werden, kompatibel mit dem US-amerikanischen GPS, aber unabhängig von ihm, mit einer noch zu definierenden Beteiligung Russlands. Es soll der Monopolstellung von GPS entgegenwirken und auch in Krisenzeiten verlässlich, z. B. für den internationalen Luftverkehr, genutzt werden können. Galileo bietet den europäischen Streitkräften ergänzend zum GPS-Signal zusätzliche Möglichkeiten für die Positionierung und Navigation. Im Krisenfall kann eine Nutzung von Galileo-Signalen durch potenzielle Gegner durch aktive Funkstörung und eine Signalverschlüsselung verhindert oder zumindest erschwert werden.

Das Raumsegment des Systems wird aus 30 Satelliten bestehen, die gleichmäßig auf drei Bahnebenen in einer Höhe von ca. 23 000 km verteilt werden. Die angestrebte Genauigkeit der Ortsbestimmung liegt global im Bereich von 10 m. Durch ergänzende Installationen am Boden soll regional 4 m bzw. lokal 1 m Genauigkeit erreicht werden. Geschwindigkeiten sollen bis auf 0,7 km/h genau ermittelbar sein. Der Aufbau von Galileo ist in drei Phasen geplant. Die Entwicklungs- und Validierungsphase soll bis 2005 dauern. Die anschließende so genannte Errichtungsphase ist für 2006 bis 2007, die Betriebsphase für 2008 geplant.

Als europäischer Beitrag zum GNSS (Global Navigation Satellite System) – so wird der zivil verfügbare Anteil von GPS, GLONASS und später Galileo genannt – sind im so genannten EGNOS-Programm (European Geostationary Navigation Overlay Service) drei so genannte SBAS-Satelliten (Satellite-Based Augmentation System) im GEO zur Verbesserung der Navigationsgenauigkeit auf 5 m geplant. Sie sollen auch Daten über die Qualität und Verlässlichkeit der Signale der Navigationssatelliten verbreiten und 2004 voll operationsfähig sein.

1.3.4 Umweltmonitoring

Allgemeines/Technik

Erdbeobachtungssatelliten sind eigentlich spezialisierte Aufklärungssatelliten zur Erfassung meteorologischer, geographischer, ozeanographischer und geologischer Daten. Eingesetzt wird eine Vielfalt an Sensoren von hoch auflösenden optischen Messvorrichtungen über aktive und passive Mikrowellenverfahren bis hin zu Lidar. Die große Nähe zu zivilen Aufgaben hat zur Folge, dass sehr häufig Wetter- und Erdbeobachtungssatelliten kombiniert zivil/militärisch genutzt werden.

Ausschließlich militärische Wetter- und Erderkundungssatelliten werden zur globalen Missionsplanung eingesetzt, um unabhängig von zivilen Messprogrammen zeitgerecht Daten für spezielle Aufgaben und Einsatzgebiete zu ermitteln, z. B. über die zu erwartenden meteorologischen Randbedingungen.

Aufgaben für militärische Erdbeobachtungssatelliten sind beispielsweise die Ermittlung von Geländeprofilen und anderen Merkmalen für die Lenkung von Marschflugkörpern oder die hoch genaue Vermessung des Gravitationsfeldes für die Berechnung der Bahnen von Interkontinentalraketen.

Vorhandene/geplante Systeme

Die USA betreiben mit dem Defense Meteorological Satellite Program (DMSP) ein spezielles militärisches System zur weltweiten Unterstützung ihrer Streitkräfte. Es liefert neben Wetterdaten auch Daten über Höhenstrahlung und Auroraeigenschaften. Die Satelliten (Abbildung 11) fliegen in einer Orbithöhe von 830 km. Ihre Masse beträgt ca. 800 kg, ihre Abmessungen sind in der Länge 3,7 m und im Durchmesser 1,2 m. Die Solar-Panels liefern 1 kW elektrische Energie.

Spezielle russische militärische Wettersatelliten sind nicht bekannt. Die zur Missionsplanung benötigten Wetterinformationen werden mit hoher Wahrscheinlichkeit mit erhöhter Priorität von zivilen Satelliten bereitgestellt. Der russische Kartographie-Satellit Kometa wird auch für militärische Topographie-Missionen eingesetzt.

Abbildung 11

US-amerikanischer Satellit aus dem Defense Meteorological Satellite Program (DMSP)



Quelle: AFSPC 2003

1.4 Gewaltanwendung/Waffensysteme

Unter Weltraumwaffen werden hier sowohl Systeme gefasst, die im Weltraum stationiert sind und gegen Weltraumobjekte (v. a. Satelliten) oder erd-, see- oder luftgestützte Objekte zielen, als auch erd-, see- und luftgestützte Systeme, die gegen Ziele im Weltraum gerichtet sind. Interkontinentale ballistische Raketen und deren mögliche Abwehr werden nicht näher behandelt, da sie sich nur auf Teilen ihrer Bahn im Weltraum bewegen. Allerdings unterscheiden sich Technologien zur Abwehr von Raketen im Weltraum nicht grundsätzlich von solchen zur Bekämpfung von Satelliten, sodass die Fähigkeit eines Systems zur Raketenabwehr auch eine gewisse Anti-Satelliten-Kapazität impliziert und umgekehrt.

Die Technologie-Vorreiterschaft der USA wurde schon bei der Diskussion der Unterstützungssysteme deutlich; bei der Entwicklung von Waffensystemen wird dies noch sichtbarer (vgl. auch Kapitel IV).

1.4.1 Kernwaffen

Allgemeines/Technik

Eine starke Kernexplosion erzeugt einen elektromagnetischen Puls (EMP), der in einigen 1 000 km Umkreis elektrische und vor allem elektronische Geräte ausfallen lassen kann. Daneben führt die intensive Röntgenstrahlung zu einer Beschädigung von LEO-Satelliten, die sich im Sichtfeld der Detonation befinden. Davon sind 5 bis 10 % jeder global flächendeckenden LEO-Satellitenkonstellation betroffen. Darüber hinaus werden durch den nuklearen Zerfall der gebildeten Spaltprodukte kontinuierlich energiereiche Elektronen emittiert. Diese bleiben durch das Erdmagnetfeld eingefangen und erhöhen für einen Zeitraum von mehreren Monaten bis zu zwei Jahren die Dichte energiereicher Partikel im Bereich des unteren Van-Allen-Gürtels und im LEO beträchtlich. LEO-Satelliten erfahren eine gegenüber der natürlichen Strahlung 1 000- bis 10 000fach erhöhte Spitzenbelastung. Auf diese Weise werden nach Modellrechnungen durch eine

einzige Kernwaffendetonation geringer Sprengkraft (10 bis 20 kt TNT) in großer Höhe (125 bis 300 km) innerhalb von einer Woche bis zwei Monaten alle Satelliten im LEO, die nicht speziell gegen derart erhöhte Strahlung gehärtet sind, unbrauchbar.

Eine Härtung von LEO-Satelliten gegen einen extrem erhöhten Strahlungshintergrund (nuklear gepumpte Umgebung) verursacht nur geringe Mehrkosten und ist daher bei militärischen Satelliten zunehmend zu erwarten.

Nuklearsprengköpfe gegen Bodenziele könnten auf Satelliten stationiert werden und bei Bedarf so abgesetzt und abgebremst werden, dass sie an der vorgesehenen Stelle in die Atmosphäre eintreten. Obwohl durch den Weltraumvertrag von 1967 verboten, gab es den Versuch der UdSSR, Wiedereintrittskörper mit nuklearen Gefechtsköpfen, die in der Umlaufbahn stationiert werden sollten (Multiple-Orbital Bombardment System, MOBS), zu entwickeln. Träger sollte der Kampfsatellit Poljus („Pol“) werden, der außerdem zum Selbstschutz mit Anti-ASAT-Fähigkeiten (Anti-Anti-Satelliten-Systeme) ausgestattet sein sollte. Der einzige Prototyp dieses Satelliten stürzte 1987 nach dem misslungenen Start mit der Trägerrakete in den Südpazifik.

Entwicklungsprogramme

Spezifische US-Programme für Weltraumwaffen mit Kernsprengköpfen sind nicht öffentlich bekannt. Jedoch gibt es in existierenden Programmen Mehrdeutigkeiten. So wird z. B. an einem Wiedereintrittskopf für das Ballistic Missile Replacement (BMR, Nachfolger für die Minuteman-Interkontinentalrakete) gearbeitet, der aerodynamisch manövrieren und konventionelle Submunitionen absetzen soll (Common Aero Vehicle, CAV). Es soll auch mit einem nuklearen Gefechtskopf bestückt werden können und wäre von ballistischen Raketen, transatmosphärischen Flugzeugen (s. Kapitel III.1.1.3) oder von Satelliten absetzbar.

1.4.2 Andere Massenvernichtungswaffen

Chemische und biologische Waffen würden nur gegen Ziele am Boden wirken. Gegenüber der Alternative ballistischer Raketen wäre Weltraumstationierung teurer, unflexibler und riskanter. Darüber hinaus verbietet der Weltraumvertrag auch die Stationierung nicht nuklearer Massenvernichtungswaffen im Weltall. Bestünde eine Infrastruktur aus Satelliten oder transatmosphärischen Flugzeugen mit Wiedereintrittskörpern, die z. B. in der Atmosphäre zielgenaue Submunitionen absetzen können, könnte dies aus militärischer Sicht bestimmte Optionen eröffnen. Aus technischer Sicht wären manövrierbare Wiedereintrittsköpfe prinzipiell geeignet, solche Kampfstoffe ins Ziel zu bringen. Spezielle US-Programme für Weltraumwaffen mit chemischen oder biologischen Kampfstoffen sind nicht bekannt geworden.

1.4.3 KE-Geschosse und Explosivwaffen gegen Weltraumziele

Allgemeines/Technik

Eine Antisatellitenwaffe, die ihre Wirkung mechanisch mittels kinetischer Energie (KE) erzielt, muss ihr Ziel möglichst genau treffen. Abweichungen dürfen nicht größer als einige Dezimeter bis Meter sein, was durch Messung und Fernsteuerung vom Boden aus nicht zu erreichen ist. Das KE-Geschoss muss das Ziel also mit eigenen Mitteln erfassen, etwa mit einem Infrarotsensor, und über eine Endphasenlenkung verfügen. Sollte die Ansteuergenauigkeit nicht für das direkte Treffen reichen, könnte kurz vor der unmittelbaren Annäherung eine regenschirm- oder paddelartige Struktur ausgefahren oder eine Splitterladung gezündet werden. Auch das Ausbringen einer Splitter- oder Schrotwolke im Bahnbereich des Satelliten reicht bei großer Geschwindigkeitsdifferenz aus, um diesen zu zerstören.

Neben der Zerstörung und ggf. Fragmentierung des Zieles ist auch eine nachhaltige Schädigung möglich, z. B. durch Deformation von Antennen und Solarpaddeln oder ihre Blockierung mit feinem Staub oder durch Verschmutzen von Sensorfenstern. Bei kurzer Entfernung reicht schon die direkte Einwirkung der Abgase einer Detonation zur Schädigung lebenswichtiger Strukturen von Satelliten aus.

Ein Grundproblem von Geschossen im Weltraum ist, dass Trümmer und Objekte, die ihr Ziel verfehlt haben, sich weiter in einem Orbit bewegen und diesen dauerhaft unbenutzbar machen können. Schrott in niedrigen Umlaufbahnen (LEO) verglüht zwar irgendwann, bis heute befinden sich aber Trümmer der sowjetischen ASAT-Tests der 1960er-Jahre im Weltraum. Grundsätzlich gibt es für boden- oder luftgestützte ASAT-Flugkörper zwei verschiedene Annäherungsverfahren an das Ziel. Der direkte Aufstieg benötigt nur einige Minuten. Die hohe Relativgeschwindigkeit zum Ziel erlaubt dann eine Zerstörung durch die kinetische Energie des Flugkörpers. Mängel in der Endphasenlenkung können durch Gefechtsköpfe entsprechend größerer Sprengkraft aufgefangen werden. Der Start ist von mobilen bodengestützten oder luftgestützten Abschussbasen möglich.

Beim coorbitalen Verfahren startet der Abfangflugkörper, wenn sich sein Startplatz in der Bahnebene des Satelliten befindet, was bei den üblichen Bahnen zweimal am Tag vorkommt. Er nähert sich seinem Ziel auf etwa derselben Bahn langsam an, um es dann, etwa durch eine Schrotladung, zu zerstören. Beim coorbitalen Verfahren ist ein vollwertiges Raumtransportsystem nötig.

Zielsuchende raumgestützte KE-Waffen könnten sowohl auf Satelliten stationiert als auch mittels kleiner Raketen in den Weltraum gebracht werden, die vom Flugzeug aus gestartet werden, wie beim ASAT-System der USA der 1980er-Jahre. In der Funktion ähnlich wäre eine Weltraummine, d. h. ein (kleiner) Satellit, der über lange Zeit in der Nähe des Zielsatelliten läuft und z. B. eine Schrotladung enthält, die bei Bedarf gezündet werden kann. Je nach Abstand wäre die Vorwarnzeit dann nur noch im Sekundenbereich. Diese Technik wäre auch defensiv einsetzbar, z. B. indem ein Satellit mit Schussvorrichtung einen zu schützenden Satelliten eskortiert und sich nähernde feindliche Objekte beschießt. Technisch muss kein Unterschied vorliegen – auf eine andere Bahn gelenkt könnte er als Antisatellitenwaffe eingesetzt werden.

Als direkte Schutzmaßnahmen gegen mechanisch wirkende Geschosse kommen nur Panzerung und stabilere Antennen- sowie Solarkollektorstrukturen infrage. Dadurch wird aber das Startgewicht eines Satelliten beträchtlich erhöht. Indirekte Schutzmöglichkeiten bestehen z. B. in einer möglichst herabgesetzten Auffindbarkeit durch absorbierenden Anstrich (bei Poljus wahrscheinlich auch radarabsorbierend), im Verzicht auf Solarpaddel sowie in möglichst kleinem Radarquerschnitt. Sensoren können durch Blendlaser (für Pol-

jus vorgesehen) geblendet oder durch elektronische Schutzmaßnahmen oder Täuschkörperausstoß getäuscht werden. Bei hinreichendem Treibstoffvorrat und relativ langsamem Angriff (z. B. coorbitalem ASAT-Angriff) sind Ausweichmanöver denkbar. Alle aktiven Maßnahmen setzen aber voraus, dass ein Angriff durch entsprechende Sensoren rechtzeitig entdeckt wird.

Entwicklungsprogramme

Das Army Kinetic Energy Kill Vehicle (oder Kinetic Energy Anti-Satellite Program) baut auf das in den 1980er-Jahren entwickelte Antisatelliten-Programm auf. Rakete, Ziel-/Gefechtskopf und unterstützende Systeme werden weiter entwickelt und sollen kurzfristig die Fähigkeit demonstrieren, feindliche Satelliten vom Boden aus zu treffen und dabei die Entstehung von Weltraumschrott zu begrenzen.

Das KE-ASAT-Kill-Vehicle von Boeing/US Army soll den zu bekämpfenden Satelliten nicht direkt treffen, sondern mit einem ausgefahrenen paddelartigen Kevlar-Segel schlagen (nach Art einer Fliegenklatsche), sodass der Satellit funktionsunfähig, aber nicht in Trümmerstücke zerlegt wird (Abbildung 12). Das Kill-Vehicle selbst soll nach erfolgreicher Mission kontrolliert in der Atmosphäre verglühen.

Abbildung 12

KE-ASAT-Kill-Vehicle von Boeing/US Army mit Segel zur Beschädigung des am oberen Bildrand dargestellten Ziels



Quelle: Dooling 1997

Ein weiteres Programm ist das Space-Based-Interceptor-Experiment SBX der US-amerikanischen Missile Defense Agency. Hierbei sollen weltraumgestützte KE-Gefechtsköpfe zum Abfangen ballistischer Raketen in der Startphase entwickelt werden. Diese wären prinzipiell auch zum Einsatz gegen Satelliten geeignet. Ein erster Testflug ist für 2005/2006 geplant.

Daneben sind auch in der Entwicklung befindliche Raketenabwehrwaffen, die nach der Brenn- und vor der Wiedereintrittsphase treffen sollen – wie etwa Navy Theater-Wide oder Ground-Based Interceptor – grundsätzlich geeignet, Satelliten in entsprechender Höhe zu treffen.

Gegen militärische Einsätze der US-Raumfähre entwickelte die UdSSR den Kampf-Raumgleiter Uragan mit zwei Mann Besatzung und einer rückstoßfreien Kanone. Der verkleinerte Prototyp BOR-4 wurde von 1982 bis 1984 viermal getestet, das Programm wurde 1987 eingestellt. Eine rückstoßfreie Maschinenkanone zur Selbstverteidigung gegen Angriffe von ASAT-Flugkörpern oder Apollo-Raumschiffen war auf den bemannten sowjetischen militärischen Raumstationen Saljut 3 und 5 installiert.

1.4.4 Kleinsatelliten gegen Weltraumziele

Allgemeines/Technik

Kleinsatelliten, die über Treibstoff und eigene Steuerungssysteme verfügen, könnten sich an andere Satelliten heranmanövrieren, sich dort anheften und diese außer Gefecht setzen, beispielsweise durch Abmontieren oder Abdecken von Solarzellen oder Antennen, Verstopfen von Steuerdüsen, Zerstören innerer Komponenten oder Auslösen eines elektrischen Kurzschlusses.

Damit ein solcher Satellit agil genug ist, um seine Zielobjekte anzusteuern, ist ein möglichst günstiges Verhältnis von Treibstoff zu Gesamtmasse nötig, was durch die Miniaturisierung aller Subsysteme erreicht werden kann. Je nach Sensorik auf dem Zielsatelliten könnten Annäherung und Anheften unbemerkt und ohne Vorwarnzeit erfolgen. Als Gegenmaßnahmen könnten in Zukunft optische Sensoren für die nähere Umgebung sowie Vibrationsaufnehmer für die Stöße beim Anheften oder Manipulieren eingebaut werden. Damit wären zumindest Anhaltspunkte für die Ursache eines Satellitenausfalls gegeben.

Entwicklungsprogramme

In den USA werden derzeit im XSS (Experimental Spacecraft System Microsatellite Demonstration Projekt) Mikrosatelliten gebaut, die in der Lage sein sollen, sich an andere Satelliten autonom, gesteuert mit optischen Sensoren (Lidar, Stereokamera, Sternensensor), heranzumanövrieren und diese mittels Stereokamera, Vibrationssensor und IR-Kamera zu untersuchen. Später sollen solche Satelliten über die Fähigkeit zur Wartung und Reparatur verfügen bzw. defekte Satelliten oder größeren Weltraumschrott zum kontrollierten Absturz zu bringen. Der erste Start des für derartige Manöver vorgesehenen 28 kg schweren Mikrosatelliten XSS-10 der US-Luftwaffe war im Januar 2003 (SpaceLauncher.com 2003). Er soll autonom die Raketenendstufe, die ihn transportiert, von allen Seiten inspizieren und dort anschließend wieder andocken.

Mit dem Projekt ASTRO (s. Kapitel III.1.2.2) soll demonstriert werden, dass ein autonomes Weltraum-Kleinfahrzeug sich an Satelliten in beliebigen Bahnen und Höhen annähern kann; es soll u. a. Treibstoff auffüllen, Satelliten umkonfigurieren oder Elektronik aktualisieren. Die US-Firma Aero-Astro schlägt eine „Escort“-Kleinsatellitenflotte vor, die sich in die Nähe von Satelliten in geosynchronem Umlauf manövriert und diese beobachtet. Für ihr Projekt Small Payload Orbit Transfer Vehicle wird als eine Aufgabe der Transport von Kleinsatelliten zur Satelliteninspektion angegeben.

Nach unbestätigten Berichten soll die Volksrepublik China ein System entwickelt haben, bei dem ein Trägersatellit im Orbit stationiert wird, der mehrere Kleinstsatelliten beherbergt, die sich an andere Satelliten heranmanövrieren und anheften können. Diese sollen bei Bedarf einen – bisher nicht näher bekannten – Schadensmechanismus auslösen können. Wenn auch die Existenz dieses Programms nicht zweifelsfrei belegt ist, so gilt die Entwicklung chinesischer Mikrosatelliten für andere Aufgaben als relativ sicher.

1.4.5 Weltraumgestützte Waffen gegen Luft- und Bodenziele

Prinzipiell ist es denkbar, mit weltraumgestützten konventionellen Präzisionswaffen luft- und bodengestützte Kernwaffenträger sowie strategische Führungs- und Fernmeldeeinrichtungen mit Vorwarnzeiten von nur wenigen Minuten anzugreifen. Ein weiteres Szenario wäre ein Angriff gegen Personen der militärischen oder politischen Führung eines Landes nach entsprechender Aufklärung.

Die Projektile müssten allerdings einen aufwendigen Hitzeschild erhalten, da sie anderenfalls beim Eintritt in die Atmosphäre verglühen würden. Dieser würde wiederum zu massiver Abbremsung führen und somit den Vorteil der hohen Geschwindigkeit für die Waffenwirkung konterkarieren.

Eigenständige Entwicklungsprogramme sind nicht bekannt. Das bereits erwähnte Common Aero Vehicle (CAV) (s. Kapitel III.1.4.1) wäre als aerodynamisch manövrierbarer Wiedereintrittskörper jedoch geeignet, zur Erfüllung der genannten Missionen entsprechende Submunition abzusetzen.

1.4.6 Strahlenwaffen

Strahlenwaffen-Systeme bieten eine Reihe von Vorteilen insbesondere für die Bekämpfung sehr weit entfernter und sich bewegender Ziele. Strahlen können sich geradlinig bis zum Ziel ausbreiten. Einige Strahlenarten pflanzen sich mit Lichtgeschwindigkeit fort (Licht, Mikrowellen), andere sind fast genauso schnell (Teilchen). Lichtstrahlen können auch durch Spiegel umgelenkt werden. Andererseits muss die Strahlung sehr hohe Leistung haben, die i. d. R. eine Zeit lang einwirken muss. Auch Erzeugung, Ausbreitung und Ausrichtung auf das Ziel werfen besondere Probleme auf, die sich je nach Medium und Strahlenart unterscheiden. Diskutiert werden im Folgenden Laser-, Mikrowellen- und Teilchenstrahlen.

Laser

Allgemeines/Technik

Nach ihrem Leistungsbereich und der möglichen Schadenswirkung werden Laserwaffen in drei Klassen eingeteilt.

Niederenergielaser mit einer typischen Leistung von unter 1 kW eignen sich zum vorübergehenden oder dauerhaften Blenden von elektrooptischen Sensoren in ihrem Empfindlichkeitsbereich (In-Band-Schädigung). Es können praktisch alle Laserarten genutzt werden, wie elektrisch gepumpte Festkörperlaser, Halbleiterlaser, Gaslaser, Farbstoff- und Excimerlaser – evtl. kombiniert mit nicht linearen optischen Elementen, wie z. B. Frequenzvervielfachern oder optisch-parametrischen Oszillatoren zur Erzeugung weiterer Wellenlängen. Eine flexible und genaue Abstimmung der Wellenlänge auf den Empfindlichkeitsbereich des Sensors wäre mit Freie-Elektronen-Lasern möglich. Zur Abwehr von Lenkflugkörpern muss der Laser vom angegriffenen System selbst eingesetzt werden, da nur so die auf das Ziel gerichteten Sensoren geblendet werden können.

Mittelenergielaser haben eine mittlere Leistung von einigen 10 bis einigen 100 kW. Damit lassen sich Solarkollektoren oder großflächige Antennenstrukturen von Satelliten zerstören. Außerdem ist die Schädigung von Sensoren auch außerhalb des Empfindlichkeitsbereiches (Out-of-Band), d. h. durch reines Aufheizen des Materials, möglich. Dabei werden Detektoren durch Aufschmelzen der Oberfläche oder Spannungsrisse zerstört oder blind gemacht. Damit können Sensoren auch von außerhalb des Sensor-Gesichtsfeldes sowie nicht elektrooptische Sensoren außer Funktion gesetzt werden. So wird auch die Verteidigung ganzer Satellitenverbände gegen ASAT-Flugkörper durch einen einzelnen Laserwaffen-Satelliten denkbar.

Die Laserwellenlänge muss zur Out-of-Band-Schädigung nicht angepasst werden, es sind allerdings Energiedichten von 100 bis einigen 1 000 J/cm² im Ziel nötig, was eine entsprechend aufwendige Energieversorgung und Strahlformung erfordert. In naher Zukunft sind im Weltraum praktisch nur chemische Laser möglich, da dort die wegen des schlechten Wirkungsgrades (etwa 20 %) große Abwärme mit den Abgasen abgeführt werden kann. Möglicherweise lassen sich mittelfristig elektrisch gepumpte Diodenlaser ausreichender Leistung entwickeln, die im Weltraum einsetzbar sind. Beim Einsatz von Diodenlasern würde evtl. das Nachtanken überflüssig, da der Energievorrat mit Solarstrom ergänzt werden könnte, vorausgesetzt, die Probleme von Kühlung und Energiespeicherung wären gelöst.

Mit Hochenergielasern mit einigen MW mittlerer Leistung lassen sich labile Strukturteile so stark aufheizen, dass sie zerstört werden. Daher sind entsprechende Waffensysteme für die Startphasenabwehr (Boost-Phase Intercept) von ballistischen Mittel- und Langstreckenraketen geeignet. Da die Raketen in der Regel so leicht wie möglich konstruiert sind, können eine Verbiegung der Flugkörperzelle, das Auslaufen von Treibstofftanks oder möglicherweise die Explosion des Antriebs bewirkt werden. Außerdem lassen sich mit Hochenergielasern u. U. auch solche Strukturteile von Satelliten zerstören, die weniger empfindlich sind als die Solarpaddel. Hochenergielaser sind außerdem als Antisensorwaffe mit großer Reichweite und kurzer Einwirkdauer verwendbar,

auch mit defokussierter Strahlung. Weiterhin könnte ein raumgestütztes Lasersystem zur Zielbeleuchtung terrestrischer Ziele dienen.

Auch als raumgestützte bzw. luftgestützte Hochenergielaser (vgl. a. Kapitel IV) kommen in absehbarer Zukunft ausschließlich Gaslaser mit chemischer Energieerzeugung infrage. Dabei sollte der Laser möglichst kurzwellig sein, was die Strahlfokussierung erleichtert. Gegenwärtig werden Fluorwasserstoff-Laser, Deuterium-Fluorid-Laser und Sauerstoff-Iod-Laser für den Einsatz als Weltraumwaffe entwickelt.

Neben luft- und raumgestützten Laser-Waffensystemen wird auch eine Architektur mit einem oder mehreren bodengestützten Lasern plus mehrerer raumgestützter Relaisspiegel diskutiert. Der Vorteil einer solchen Anordnung liegt in dem deutlich geringeren Aufwand bei Raumtransport und -montage. Außerdem kann das Lasersystem besser geschützt werden. Die größeren Entfernungen, die Durchstrahlung der Atmosphäre sowie die Reflexionsverluste führen beim bodengestützten Laser allerdings zu höheren Anforderungen an die Energieerzeugung sowie die Strahlformung und -führung (adaptive Optik). Auch ist das System vom Wetter am Standort des Bodenlasers abhängig.

Die Spiegel müssten sehr groß sein und daher in der Umlaufbahn entfaltet oder montiert werden. Gewicht und Größe der benötigten Spiegel werfen erhebliche Probleme bei der Herstellung auf. Derzeit wiegen Spiegel etwa 90 kg/m². Mit heutiger Technologie lässt sich das bis auf ca. 60 kg/m² senken. Für eine Weltraumstationierung eines Spiegels mit etwa 12 m Durchmesser müssten allerdings 15 bis 25 kg/m² erreicht werden (bei sehr hoher thermischer und mechanischer Belastbarkeit und größter Präzision), wozu noch technologische Durchbrüche nötig sind. Die größten für diesen Zweck bisher hergestellten Spiegel waren im „Large Advanced Mirror Program“ (LAMP) ein segmentierter 4-m-Spiegel und im „Large Optical Segment Program“ (LOS) ein etwa 4 m messendes Segment eines weltraumtauglichen 11-m-Spiegels.

Die Realisierbarkeit der erforderlichen Ausrichtungsgenauigkeit auf das Ziel mit einer Winkelgenauigkeit von 10 bis 100 Nanoradiant konnte bislang nicht nachgewiesen werden, zumal mindestens ein Relaisspiegel mit dieser Genauigkeit dem Ziel nachgeführt werden muss. Sollte eine solche Architektur funktionieren, könnte sie bei gutem Wetter auch als Teleskop-Verlängerung zur Aufklärung vom Boden aus genutzt werden.

Als Gegenmaßnahmen gegen Laserbeschuss kommen neben Tarnmaßnahmen zur Erschwerung der Auffindbarkeit das Verspiegeln gefährdeter Bauteile, das Aufbringen ablativer Schutzschichten oder ein Rotieren (Flugkörper um ihre Längsachse) infrage. Langfristig kann ein Schutz auch von Sensoren durch nicht lineare optische Materialien, deren Transparenz von der eingestrahlten Intensität abhängt, realisiert werden. Satelliten sind weniger verwundbar, wenn sie Radionuklidbatterien oder Kernreaktoren statt der besonders gefährdeten Solarpaddel zur Energieversorgung nutzen.

Entwicklungsprogramme

Niederenergielaser zur In-Band-Schädigung von Sensoren sind in den USA, aber auch in einigen anderen Ländern, u. a. China, Großbritannien und der GUS, bereits eingeführt. Einfache Systeme sind kommerziell verfügbar. Die Weiterentwicklung konzentriert sich auf optisch-parametrische Oszillatoren zur Durchstimmbarkeit der Wellenlänge.

An der Entwicklung von Mittel- bzw. Hochenergielasern wird besonders in den USA intensiv gearbeitet. Für den luftgestützten Einsatz wird im Airborne-Laser-Programm der USAF der Sauerstoff-Iod-Laser (Chemical Oxygen Iodine Laser, COIL) entwickelt. Dabei reagiert Chlorgas mit einer basischen Wasserstoffperoxidlösung. Die dabei entstehenden angeregten Sauerstoffmoleküle übertragen ihre Energie auf Jodatome, die ihrerseits IR-Strahlung emittieren. Die ausgestrahlte Wellenlänge (1,3 µm) wird in der Atmosphäre nur sehr schwach absorbiert und kann leichter im Ziel fokussiert werden als die Strahlung des HF- oder DF-Lasers. Der beste erreichte chemische Wirkungsgrad liegt derzeit bei etwa 25 %. Mit COIL konnte die bislang höchste Leistung aller chemischen Laser (3 MW) erzeugt werden. Da die Reaktion des Chlorgases mit der wässrigen Lösung sich nur unter Schwerkraftbedingungen kontrolliert durchführen lässt, ist ein weltraumgestützter Einsatz des COIL nicht möglich.

Beim Konzept des elektrochemischen COIL (EC-COIL) sollen die Abgase vollständig aufgefangen und elektrochemisch regeneriert, also wieder in Reaktanden umgewandelt werden, sodass der Laser nur noch eine Stromversorgung benötigt.

Eine Neuentwicklung ist der All-Gasphasen-Iod-Laser (All Gas Phase Iodine Laser, AGIL), der 2000 von der US-Luftwaffe vorgestellt wurde. Alle beteiligten Chemikalien sind gasförmig, was das Gesamtgewicht des Systems vermindert, die Prozessführung auch in der Schwerelosigkeit erleichtert und eine praktisch vollständige Abfuhr der Reaktionswärme durch die Abgase erlaubt. Daher ist dieser Lasertyp ideal für eine Stationierung im Weltraum, aber auch als etwaiger COIL-Nachfolger im Air Based Laser geeignet.

Für eine etwaige Weltraumstationierung wird der Fluorwasserstoff-Laser (HF-Laser) untersucht. Er emittiert im infraroten Wellenlängenbereich bei einem derzeit besten Wirkungsgrad von etwas über 20 %. Im Alpha-Experiment der US-Luftwaffe konnte unter weltraumnahen Bedingungen bereits eine Leistung von 2,2 MW erzeugt werden (Abbildung 13, S. 50). Die Strahlung des HF-Lasers weist eine starke Absorption in der Atmosphäre auf, weshalb er nicht für eine raumgestützte Bekämpfung von Boden-/Luftzielen geeignet ist. Zur inneratmosphärischen Nutzung des HF-Lasers wird derzeit die Auskopplung von Oberton-Emission bei etwa 1,3 µm (mit guter atmosphärischer Transmission) untersucht.

Neben dem HF-Laser wird auch der Deuteriumfluorid-Laser (DF-Laser) untersucht. Im MIRACL-Projekt (Mid-Infrared Advanced Chemical Laser) der US-Marine wurden mit einem Deuteriumfluorid-Laser bereits 2,2 MW erzeugt.

Abbildung 13

Leistungserzeugungseinheit des HF-Lasers Alpha



Quelle: nach INT 2002. Die auf dem Bild erkennbaren ringförmigen Module enthalten die Einspritzdüsen für das Treibstoffgemisch.

Mikrowellen

Allgemeines/Technik

Als (Hochleistungs-) Mikrowellenwaffe (HLM-Waffe) oder „High-Power Microwave“ (HPM) bezeichnet man eine Strahlungsquelle, die elektromagnetische Strahlung im Frequenzbereich zwischen 300 MHz und 300 GHz (entsprechend einer Wellenlänge zwischen 1 m und 1 mm) mit einer Spitzenleistung von mehr als 100 MW (gepulst) erzeugen, abstrahlen und auf ein Ziel richten kann. Das Wirkprinzip dieser Waffen besteht darin, Mikrowellen hinreichender Intensität in ein gegnerisches System einzukoppeln und dabei dessen Elektronik vorübergehend oder dauerhaft so stark zu stören, dass seine Mission vereitelt wird.

Ein Vorteil von HPM-Waffen gegenüber Laserwaffen ist die Allwetterfähigkeit. Mikrowellen durchdringen Wolken, Wasserdampf, Regen und Staub. Sie breiten sich wie Laserstrahlen mit Lichtgeschwindigkeit aus. Ein Nachteil ist, dass der Grad der Zerstörung je nach Zielart stark variieren kann und vielfach unvorhersehbar ist. Dazu kommt, dass die Wirkung im Ziel ggf. nicht überprüfbar ist. Der starke Streukreis von Mikrowellenwaffen stellt stets auch eine Bedrohung für eigene Systeme dar.

Mit heutiger Technologie ist das Blenden (Power Jamming) von Mikrowellensensoren über eine Kampfentfernung von mehreren 100 km möglich. Hierbei wird die Funktionsfähigkeit der Zielelektronik nicht unbedingt permanent beeinträchtigt, d. h. das Ziel arbeitet nach Ende der HPM-Bestrahlung normal weiter.

Entwicklungsprogramme

Mikrowellenwaffen werden in den amerikanischen Planungs-Dokumenten verschiedentlich erwähnt. Benannt werden z. B. ein Small RF Vehicle (kleines Hochfrequenzfahrzeug) sowie ein Space-Based Relocatable RF Jammer (weltraumgestützter verlegbarer Hochfrequenzstörsender). Es finden sich jedoch keine klaren Angaben über gegenwärtige Programme zur Systementwicklung.

Teilchenstrahlen

Allgemeines/Technik

Nur elektrisch neutrale Teilchenstrahlen sind zu Waffenzwecken effektiv nutzbar, weil geladene Teilchenstrahlen durch Raumladungseffekte aufgeweitet und durch die Wirkung des Erdmagnetfeldes abgelenkt würden. Wegen der starken Wechselwirkung mit der Atmosphäre sind Teilchenstrahlen nur im Weltraum und ggf. von dort gegen hoch fliegende Flugzeuge einsetzbar.

Bei einer Neutralteilchenstrahlwaffe (Neutral Particle Beam, NPB) wird ein energiereicher Strahl neutraler Wasserstoffatome erzeugt, der sich mit annähernd Lichtgeschwindigkeit durch den Raum bewegt. Dazu wird ein Beschleuniger mit hoher Energie und Teilchendichte im Strahl benötigt.

Einschließlich Energieversorgung und Richtsystem würde ein solches System mehrere hundert Tonnen wiegen, was umfangreiche Transporte und aufwendige Montagearbeiten in der Erdumlaufbahn erfordert. Viele komplexe und teure Satelliten und ihre ständige Wartung wären im LEO erforderlich, um jederzeit Waffenwirkung mit ausreichender Abdeckung zu ermöglichen. Ein besonderes Problem stellt das Richtsystem dar. Der Strahl muss mit extremer Genauigkeit ausgerichtet werden, um über sehr große Entfernungen zu wirken, allerdings ohne dass der Strahlfleck im Ziel sichtbar wird. Gegen sich schnell bewegende Ziele wie ballistische Raketen muss er dazu schnell geschwenkt werden können. Umlenkvorrichtungen sind nach der Neutralisierung der Teilchen nicht mehr einsetzbar, die Waffe ist daher auch auf direkte Sichtverbindung zum Ziel angewiesen.

Schäden im Ziel werden durch Stoßwellen, thermische Belastung und Röntgen-Bremsstrahlung verursacht. Je nach Energiedichte ist ein Stören oder Zerstören von Komponenten möglich. Daher ist ein breites Wirkungsspektrum erzielbar. Eine mögliche Gegenmaßnahme wäre die Ausbringung von Barium-Wolken.

Entwicklungsprogramme

Strahlenwaffen mit atomaren Teilchen werden in öffentlich zugänglichen Dokumenten zur militärischen Weltraumnutzung nicht erwähnt. Möglicherweise werden diese Technologien auf der Ebene von Laborforschung bearbeitet.

2. Schlüsseltechnologien im Überblick

Aus der Analyse der militärischen Schlüsselfunktionen und der dazugehörigen Programme zur Technologie- und Sys-

tementwicklung im vorangehenden Abschnitt (Kapitel III.1) kann eine Reihe von Schlüsseltechnologien („enabling technologies“) zur Erfüllung militärischer Bedürfnisse abgeleitet werden.

In Tabelle 9 ist eine grobe und subjektive Zuordnung der einzelnen Schlüsseltechnologien zu den Schlüsselfunktionen vorgenommen worden. Dabei wird deutlich, dass einige dieser Technologien nur für einzelne militärische Funktionen von großer Bedeutung sind, z. B. die Temperaturkontrolle, während andere einen ausgeprägten Querschnittscharakter besitzen, wie Elektronik/Computer.

Im Folgenden werden die Schlüsseltechnologien mit ihren aktuellen Entwicklungslinien und Potenzialen zusammenfassend charakterisiert.

Antrieb/Treibstoffe

Zur grundsätzlichen Verbesserung der Funktionsweise der Triebwerke werden mehrere Ansätze verfolgt. Vor allem Antriebe, die Luftsauerstoff für die Verbrennung nutzen, werden intensiv entwickelt, da so die Startmasse der Transportsysteme wesentlich gesenkt werden kann. Ziel sind langfristig einstufige, vollständig wiederverwendbare Raumtransporter, die Nutzlasten erheblich preiswerter als bisher befördern können sollen. Demonstratoren der amerikanischen Industrie für solche Konzepte, die teils horizontal, teils vertikal starten oder landen, haben bereits Testflüge absolviert.

Entwicklungsbemühungen richten sich auch auf neue Treibstoffe, vor allem kryogene und feste Treibstoffe. Wegen der zunehmenden Satellitenlebensdauer ist für die Bahn-/Lageregelung die Lebensdauer von Treibstoffen und damit die Funktionssicherheit der Triebwerke eine wichtige Größe geworden. Hier werden verstärkt neue einkomponentige Treibstoffe untersucht.

Elektrische Antriebe (Hall-Effekt, Ionen- und Plasma-Antriebe) haben ein besonders hohes Anwendungspotenzial in Bezug auf Bahn- und Lageregelung. Nuklearthermische Antriebe sind besonders attraktiv für hoch energetische Raketenoberstufen sowie interplanetare Raumsondenmissionen. Allerdings müssen mögliche Gefahren bei einem unplanmäßigen Wiedereintritt derart angetriebener Raumflugkörper in die Erdatmosphäre berücksichtigt werden.

Für unbemannte Sonden ist auch die Ausnutzung der Sonnenstrahlung durch so genannte Sonnensegel möglich. Damit lassen sich bei sehr geringem aber konstantem Schub nach sehr langer Zeit extrem hohe Geschwindigkeiten erreichen. Die Nutzung weiterer Energiequellen, wie Kernfusion oder Antimaterie-Antrieb, ist – wenn überhaupt – erst in fernerer Zukunft denkbar.

Tabelle 9

Zuordnung von Schlüsseltechnologien zu Schlüsselfunktionen

Schlüsselfunktionen	Schlüsseltechnologien									
	Antrieb/Treibstoffe	Energieversorgung	Temperaturkontrolle	Strukturen/Materialien	Satellitentechnologie	Kommunikationstechnik	Sensorik	Elektronik/Computer	Mikrosystemtechnik/Optik/Photonik	Bodeninfrastruktur
Raumtransport	++	+		++		+	+	+	+	++
Satellitenoperationen	+	++	++	++	++	++	+	++	+	++
Positionsbestimmung/Navigation/Zeitgebung		+			+	+	++	++	+	++
Führung/Kommunikation		+			+	++	++	++	+	++
Aufklärung/Überwachung	+	+		+	+	++	++	++	+	++
Umweltmonitoring		+		+	+	+	++	++	+	++
Gewaltanwendung/Waffensysteme	++	++		++	+	++	++	++	+	++

+: von hoher Bedeutung
++: von herausragender Bedeutung
Quelle: eigene Zusammenstellung

Energieversorgung und Temperaturkontrolle

Die Schlüsselmerkmale für Energiequellen von Raumfahrzeugen sind Effizienz, hohe Energiedichte, thermische Stabilität, Leichtbauweise, hohe Zuverlässigkeit und lange Haltbarkeit. Durch Miniaturisierung könnte der Energiebedarf von Raumsystemen gesenkt und entsprechend ihrer Lebensdauer verlängert werden. Von den Energieversorgungsarten werden chemische Energie (Batterien, Brennstoffzellen), Sonnenenergie (Solarzellen), Nuklearenergie (Atomreaktoren, Radioisotopen-Generatoren, RTG) standardmäßig in Weltraumobjekten eingesetzt. Die Erzeugung elektrodynamischer Energie mit Weltraumseilen befindet sich im Versuchsstadium.

Zur besseren Kontrolle der Betriebstemperaturen von Satelliten werden bevorzugt passive Systeme eingesetzt, die wartungsfrei funktionieren, Wärme durch Strahlung abgeben, geringe Masse und Volumen aufweisen sowie autonom arbeiten. Zukünftige Weltraummissionen erfordern höhere Leistungen über längere Zeiträume mit einer zuverlässig funktionierenden Temperaturkontrolle.

Strukturen und Materialien

Das bei Raumflugkörpern verwendete Material muss den Anforderungen der Umgebungsbedingungen des Weltraums genügen. Die Entwicklung von Strukturwerkstoffen, die hohen statischen, dynamischen und mechanischen Belastungen standhalten können, führt zu leichteren Werkstoffen und steiferen Konstruktionen. Metallische Werkstoffe werden wegen ihres vergleichsweise hohen Gewichts zunehmend von Polymerwerkstoffen verdrängt. Aufgrund des besseren Schutzes vor kosmischer Strahlung sind besonders graphitverstärkte Metalle, wie z. B. Magnesium oder Aluminium, für die Herstellung von Strukturbauteilen geeignet.

Multifunktionale adaptive Strukturen gewinnen zur Erhöhung der Flexibilität der Satellitenmissionen an Bedeutung. Neuartige Beschichtungen und dünne Filme zum Schutz empfindlicher Komponenten vor den aggressiven Weltraumbedingungen (Vakuum, tiefe Temperatur, Teilchenbeschuss) spielen eine wichtige Rolle.

Weiterhin ist die Entwicklung von Nanowerkstoffen für die Raumfahrttechnik von Interesse, da im Bereich der Funktions- und Strukturwerkstoffe mit extremen Eigenschaften sowie in der Sensorik ein großes Potenzial gesehen wird. Dies betrifft z. B. den Einsatz von hoch temperaturfesten Nanokeramiken, nanodispersionsverstärkten Metallwerkstoffen, Aerogelen, ultraharten Schichten oder Verbundwerkstoffen aus Nanoröhren.

Satellitentechnologie

Bei den Satelliten geht ein Trend zu leichteren, kleineren und damit kostengünstigeren Systemen, die möglichst autonom arbeiten. Die Entwicklung von Kleinsatelliten hat das Potenzial Satellitenoperationen zu revolutionieren. Entwicklungen im Mikrosatellitenbereich (10 bis 100 kg) sind hierbei von besonderem Interesse. Kurzfristig realisierbar scheint eine Miniaturisierung von existierenden Systemen, z. B. der Einsatz von kleineren, leichteren Komponenten, sodass mehr Treibstoff mitgeführt werden kann, um eine längere Einsatzdauer im Orbit zu gewährleisten. Dies trägt auch erheblich zur Kostenreduzierung bei.

Eine Möglichkeit, das Missionsrisiko zu senken, liegt in der Verteilung von Aufgaben auf mehrere Kleinsatelliten, wodurch unter bestimmten Bedingungen die Leistungsfähigkeit des Gesamtsystems gesteigert werden kann. Darüber hinaus muss bei einem Ausfall einzelner Komponenten nicht das gesamte System ausgetauscht werden, was die Zuverlässigkeit und Lebensdauer steigert und vor allem die Verwundbarkeit eines Satellitensystems deutlich herabsetzt.

Hier sind ein hoher Grad an Autonomie der einzelnen Satelliten und die Kommunikation der Satelliten untereinander wichtige Fähigkeiten. So kann der ganze Satellitenschwarm wie ein einzelner Satellit vom Boden aus geführt werden, die Verteilung der Datenströme, der einzelnen Operationsbefehle und die relative Positionsregelung nehmen die Satelliten selbstständig vor.

In diesem Zusammenhang werden zurzeit so genannte Nano- (1 bis 10 kg) und Pikosatelliten (< 1 kg) entwickelt, die über ein eigenes Antriebs-, Steuerungs- und Computersystem verfügen.

Kommunikationstechnik

Kommunikationssatelliten funktionieren heute überwiegend als Relaisstationen mit Vermittlung vom Boden aus. Die damit verbundenen Einschränkungen können zukünftig mit dem Übergang zu raumbasierten Transpondern mit On-Board-Vermittlung überwunden werden. Bei dieser aufwendigen Technik sorgt ein Computer an Bord des Satelliten für die Weiterleitung von Signalen von Satellit zu Satellit oder zum angewählten Empfänger.

Zur Bereitstellung einer genügenden Bandbreite für breitbandige Datenübertragungen geht der Trend derzeit zur Erschließung immer höherer Frequenzen. Weitere Verbesserungen bei der Strahlbündelung und bei der bei LEO-Systemen notwendigen Strahlnachführung sind durch Weiterentwicklungen bei den phasengesteuerten Antennen zu erwarten.

Für die Intersatellitenverbindungen bieten sich sowohl der 60-GHz-Bereich als auch die optische Signalübertragung mittels Lasern an. Mit optischer Signalübertragung lassen sich besonders hohe Bandbreiten erzielen. Diskutiert wird die Laserkommunikation auch bei der Übertragung zwischen Boden und Satellit. Dem steht jedoch die hohe atmosphärische Dämpfung entgegen.

Da durch die fortschreitende Vernetzung aller Computersysteme die Verwundbarkeit und Anfälligkeit des Systems wächst, werden Maßnahmen zur Gewährleistung der Datensicherheit immer wichtiger.

Sensorik

Die heute kommerziell eingesetzten elektrooptischen Sensoren erreichen ein Auflösungsvermögen zwischen ca. 1 und 30 m. Zur weiteren Verbesserung und zur Korrektur atmosphärischer Einflüsse bei der Erdbeobachtung werden gegenwärtig adaptive Optiken entwickelt.

Durch sensornahe Datenverarbeitung können in kürzeren Zeiträumen größere Datenmengen verarbeitet werden, was die Reaktionszeiten bei militärischen Einsätzen deutlich herabsetzt. In Fällen, in denen das gestreute Sonnenlicht oder die thermische Strahlung nicht ausreicht, um ein Bild mit ausreichender Auflösung und Kontrast zu erzeugen, könnte eine Ausleuchtung durch Laserlicht erfolgen. Ebenso sind Radare mit synthetischer Apertur (SAR) aufgrund ihrer Allwettertauglichkeit für Weltraumanwendungen gut geeignet.

Elektronik und Computer

Die zuverlässige Funktion der bei einer Weltraummission verwendeten elektronischen Komponenten muss über Jahre hinweg gewährleistet sein, vor allem, weil eine Reparatur im Weltraum in der Regel nicht möglich ist. Dabei ist speziell der Einfluss der natürlichen kosmischen Strahlung zu berücksichtigen. Für militärische Anwendungen muss die Elektronik auch gegen mögliche Waffeneinwirkung gehärtet sein (z. B. elektromagnetischer Puls, Laserwaffen). Eine wichtige Rolle spielt auch das Bestreben, die Größe, das Gewicht und damit die Kosten eines Weltraumsystems zu verringern. Das erfordert umfangreiche Funktionstests, die für jede einzelne Anwendung unter möglichst realen Bedingungen durchgeführt werden müssen.

Mikrosystemtechnik/Optik/Photonik

Mikrotechniken und deren Integration in Fertigungstechnologien zählen zu den Schlüsseltechnologien in unterschiedlichen, auch für die Raumfahrt relevanten Anwendungsfeldern, z. B. in der Optik und Sensorik.

Zur weiteren Miniaturisierung raumgestützter Systeme werden mikrosystemtechnische Komponenten (z. B. Mikroelektromechanische Systeme, MEMS) benötigt. Mögliche Anwendungsfelder sind:

- Steuerungssysteme, die mittels „MEMtronics“-Logiken unter Verwendung von Mikrorelais extrem unempfindlich gegen Strahlung und Temperatur ausgeführt werden können;
- Bahn-/Lageregelungssysteme mit mikrotechnischen Beschleunigungssensoren, Mikrogyroskopen sowie optischen und Magnetfeld-Sensoren;
- Satellitenantriebssysteme mit mikrotechnischen Druck- und Chemosensoren, Mikro-Antriebsdüsen oder „Single-Shot Thrusters“ („digitaler Antrieb“);
- Laserkommunikationssysteme mit Mikrooptiken;
- Radarsysteme mit niederohmigen mikromechanischen Hochfrequenzschaltern sehr großer Bandbreite mit niedrigem Stromverbrauch.

Optische Komponenten sind von zentraler Bedeutung für Erderkundungs-, Wetter- und Aufklärungssatelliten. Sie können weiterhin bei Zielerfassung oder Kommunikation Verwendung finden. Zu diesen Zwecken verwendete Bauteile werden in der Regel mit hoch reflektierenden, teildurchlässigen oder wellenlängenselektiven Beschichtungen versehen. Dazu müssen sowohl die Konstruktion der Optiken als auch die verwendeten speziellen Materialien, die hoch genaue Herstellung der Komponenten (Ultrapräzisionsbearbeitung, Beschichtungsverfahren) und die dazu benötigte (Nano-)Metrologie beherrscht werden.

Technologien für die Bodeninfrastruktur

Der Bodeninfrastruktur kommt eine besondere Rolle für das Gesamtsystem zu. So sind zur Ausbringung von Nutzlasten im erdnahen Raum leistungsfähige Starteinrichtungen sowie für deren Kontrolle und Steuerung umfangreiche Steuerungs- und Kommunikationseinrichtungen in Boden- und Relaisstationen notwendig.

Hier spielen Kommunikationstechnologien allgemein eine Schlüsselrolle. Insbesondere Netzwerktechnologien gewinnen zunehmend an Bedeutung, denn sie ermöglichen ein hohes Maß an Flexibilität und Ausfallsicherheit bei gleichzeitig reduzierten Kosten. Dabei ist die Datensicherheit ein ganz zentraler Faktor, sodass die Verfahren zu deren Sicherstellung ständig weiterentwickelt werden müssen. Für die Bodenstationen sind Weiterentwicklungen in der Radartechnik von großer Bedeutung. Zudem wird angestrebt, diese Einrichtungen automatisch zu betreiben.

Ein erdumspannendes Netz von Bodenstationen lässt sich im Prinzip durch einige Satelliten ersetzen, die als Kommunikationsrelais sowie als Bahnvermessungsstationen dienen. Mit sinkenden Kosten für satellitengestützte Systeme werden derartige Architekturen zunehmend attraktiv.

Für Ausbildungszwecke, die Vorbereitung und den Ablauf von Missionen sind Simulationen ein unentbehrliches Werkzeug geworden. Hier sind insbesondere Techniken der Virtuellen Realität von zentraler Bedeutung.

Die in diesem Kapitel erfolgte Sichtung der Technologiebasis für weltraumrelevante wehrtechnische Systeme hat eine große Breite von Konzepten und Projekten gezeigt, die weltweit – aber vor allem in den USA – mit Nachdruck vorangetrieben werden. Im folgenden Kapitel sollen nun vertieft die Systeme beschrieben werden, die für die Ausübung militärischer Waffengewalt geplant und entwickelt werden.

IV. Entwicklungs- und Einsatzperspektiven von Waffensystemen für den Weltraum

Ein militarisierter Weltraum ist schon lange eine Tatsache. Eine ganze Armada von Satelliten – eine neuere Quelle spricht von 170 rein militärischen Systemen (Pike 2002) – u. a. für Zwecke der Navigation, zur Aufklärung und Kommunikation bewegt sich mittlerweile im All. Sie dienen der Steigerung der Effizienz von militärischen Operationen auf dem Boden, zur See und in der Luft („space force enhancement“). Die Weichen für weiter gehende Schritte sind aber in den USA gestellt: Die USA wollen die Fähigkeiten möglicher Kontrahenten, mittels weltraumbasierter Systeme militärisch zu agieren, eingrenzen („counter-space“) sowie eigene Fähigkeiten zur Androhung und Anwendung von Gewalt aus dem Weltraum heraus auch gegen terrestrische Ziele schaffen („space force application“) (SMP 2002, S. 2).

Angestrebte Fähigkeiten für weltweite Militäreinsätze durch „space capabilities“

„A viable prompt global strike capability, whether nuclear or non-nuclear, will allow the US to rapidly strike high-payoff, difficult-to-defeat targets from stand-off ranges and produce the desired effect. This capability provides the US with the flexibility to employ innovative strategies to counter adversary anti-access and area denial strategies. Such a capability will provide warfighting commanders the ability to rapidly deny, delay, deceive, disrupt, destroy, exploit and neutralize targets in hours/minutes rather than weeks/days even when US and allied forces have a limited forward presence. Thus, prompt global strike space capabilities will provide the President and warfighting commanders with flexible options to deter or defeat most threats in a dynamic security environment.“ (SMP 2002, S. 4)

Es geht also um mehr als die bereits jetzt etablierte Satelliten-Infrastruktur zur Steuerung militärischer Aktionen und insbesondere zur Zielführung von Interkontinentalraketen. Die Zukunft liegt aus der Sicht der US-Streitkräfte jenseits dieser Formen von „default space control“. Das zukünftige Potenzial des Weltraums soll durch die Bereitstellung eines Spektrums von „Force Application capabilities beyond ICBMs in, from and through space“ ausgeschöpft werden (Strategic Master Plan 2002, S. 6).

Übersicht von Waffensystemen und Einsatzformen im, in den und aus dem Weltraum

- weltraumgestützte ASAT-Waffen
  - Andocken an/Einfangen von Satelliten
  - Geschosse, Flugkörper, Teilchenstrahlwaffen
  - Laserwaffen
  - HPM-Waffen
  - Nuklearsprengkopf
- weltraumgestützte Waffensysteme zur Bekämpfung ballistischer Flugkörper
  - (Raketenabwehr-)Lenkflugkörper/(Raketenabwehr-)Satelliten
  - zur autonomen Bekämpfung
  - Laserwaffen (gegen Raketen in der Startphase)
  - HPM-Waffen (gegen Raketen in der „Midcourse Phase“)
- weltraumgestützte Waffensysteme gegen terrestrische Ziele
  - KE-Geschosse, Explosivwaffen
  - Nuklearwaffen (gegen Bodenziele)
  - Laser (gegen – hoch fliegende – Flugzeuge und Marschflugkörper)
  - HPM-Waffen
- terrestrische Waffensysteme gegen Raumziele
  - boden-/luftgestützte Flugkörper gegen Satelliten (Direkttreffer-System, Kill Vehicles)
  - Superkanone/elektromagnetische Kanone
  - boden-/luftgestützte Laserwaffen gegen Satelliten
  - bodengestützte HPM-Waffen
  - Nuklearsprengkopf
- transatmosphärische Flugzeuge

Vor diesem Hintergrund werden die in Kapitel III diskutierten Technologien und Systeme im Folgenden auf augenblicklich und zukünftig denk- und machbare Einsatzformen von Waffensystemen fokussiert und bezüglich der zeitlichen Perspektiven ihrer weiteren Entwicklung und möglichen Einsatzreife sowie ihrer Vor- und Nachteile aus militärischer Sicht eingeschätzt werden. Dabei werden technologische und ökonomisch-logistische Aspekte ebenso berücksichtigt wie die Frage nach (der Effizienz von) Alternativen.

Die folgenden Ausführungen basieren vor allem auf den Analysen des INT (2002, S. 170–192)

1. Weltraumgestützte Antisatellitenwaffen

Weltraumgestützte Waffensysteme sollen eine für den Gegner überraschende Bekämpfung (praktisch ohne Vorwarnzeit) von Satelliten oder Weltraumstationen ermöglichen.

Dazu sind allerdings (von der früheren Sowjetunion verfolgte) Konzepte von in Parkumlaufbahnen permanent stationierten Kampfsatelliten, die durch Heranmanövrieren und Selbstsprengung angreifen sollen, problematisch: Der zum Wechsel der Umlaufbahn zum Ziel hin nötige Antrieb samt Treibstoff macht ein solches System zu schwer. Zudem ist die Einsatzfähigkeit im LEO begrenzt, und ein Kampfsatellit wäre Ziel gegnerischer Angriffe vom Boden aus. Aufgrund dieser Nachteile wurden von sowohl der USA als auch der Sowjetunion seit den 1960er-Jahren auch boden- und luftgestützte ASAT-Systeme entwickelt.

Zur Verteidigung wichtiger Weltrauminstallationen gegen Angriffe von Kampfsatelliten oder ASAT-Flugkörpern wurde ferner der (z. B. von einem Radar-Warnempfänger ausgelöste) Verschuss von Schrot oder Splittern mit rückstoßfreien Kanonen oder der Einsatz von Blendlasern erwogen.

Russland hat früher Erfahrungen mit dem Bau wieder verwendbarer (auch bewaffneter) Raumfähren (Buran, Uragan) sowie bewaffneter Raumstationen (Almas) und Satelliten, auch mit nuklearen Wiedereintrittskörpern (Poljus), gesammelt. Derzeit sind aber keine Planungen für russische weltraumgestützte ASAT-Systeme bekannt.

Anheften, Einfangen

Die USA entwickeln derzeit Mikrosatelliten, die sich an andere Satelliten autonom heranmanövrieren sollen.

Der erste Start eines Prototyps des Mikrosatelliten XSS-10 der US-Luftwaffe war im Januar 2003 vorgesehen. Er soll autonom die Raketenendstufe, die ihn transportiert, von allen Seiten inspizieren und dort anschließend wieder andocken. Solche „hoch manövrierfähige“ Inspektions-Mikrosatelliten eröffnen neue Einsatzoptionen gegen fremde Satelliten. Im Zuge eines möglichen Aufbaus weltraumgestützter Servicekapazitäten (Projekt ASTRO) seitens der USA könnten auch Serviceroboter entsprechende Aufgaben erfüllen.

Das Space Shuttle ist schon heute in der Lage, fremde Satelliten mittels Montagearm und verschließbarer Ladebucht einzufangen.

Geschosse, Flugkörper, Teilchenstrahlenwaffen

Für Erfolg Versprechende Kampfhandlungen gegen Satelliten im GEO mittels Flugkörpern bzw. Geschossen wäre eine Stationierung nahe den Zielsatelliten nötig. Dies erfordert ein entsprechend leistungsfähiges Transportsystem. Derartige Aktivitäten blieben mit Sicherheit nicht unentdeckt. Außerdem wären nur wenige, nicht zu weit entfernte GEO-Satelliten für ein solches System erreichbar. Bisher sind keine entsprechenden Entwicklungsbemühungen bekannt (INT 2002, S. 173).

Sowohl für die verschiedenen US-Konzepte raumgestützter Lenkflugkörper (Space-Based Interceptor, Space-Based Interceptor Experiment, SBX) als auch für raumgestützte Strahlenwaffen gilt, dass sie gegen Weltraumziele im LEO einsetzbar sein sollen. Bei letzteren ist allerdings aufgrund des erheblichen Aufwands in absehbarer Zeit nicht mit intensiven Entwicklungsbemühungen zu rechnen (INT 2002, S. 169). Auch raumgestützte ABM-Waffen können gegen Satelliten im LEO eingesetzt werden. Diese sind relativ leicht zu bekämpfen, da z. B. ihre Bahn präzise und ohne Zeitdruck vermessen werden kann.

Mit der Stationierung (Entwicklung) elektromagnetischer Kanonen ist allenfalls langfristig – und dabei eher zum Einsatz gegen ballistische Raketen – zu rechnen.

Laserwaffen

Alle Systeme für eine Abwehr von ballistischen Raketen durch Laserwaffen mit weltraumgestützten Komponenten (raumgestützte Laserwaffe wie der SBL, boden- oder luftgestützte Laserwaffe mit raumgestützten Relaisspiegeln) lassen sich ebenso gegen weltraumgestützte Einrichtungen im LEO, wie z. B. Satelliten, einsetzen. Es erscheint allerdings unverhältnismäßig, den mit großem Aufwand transportierten und begrenzten Treibstoff einer raumgestützten Laserwaffe gegen ein mit einfacheren Mitteln bekämpfbares Ziel einzusetzen. Daher dürfte ein Einsatz boden- oder luftgestützter Laser oder anderer terrestrischer ASAT-Systeme zu diesem Zweck effektiver sein.

Ein im LEO stationiertes Laserwaffensystem (wie der SBL) kann zurzeit nicht zur Bekämpfung von geostationären Satelliten eingesetzt werden. Für die erforderliche Reichweite von mindestens 30 000 km müsste sein Hauptspiegel (bei den derzeit von chemischen Lasern erzeugten Wellenlängen und Leistungen) ca. 100 m Durchmesser haben, sehr präzise gefertigt sein und dem Ziel auch noch einige Zeit nachgeführt werden können. Eigens zum Zweck der Bekämpfung von GEO-Satelliten könnte aber eine Laserwaffe in einer Umlaufbahn etwas unterhalb des GEO, z. B. in 27 000 km Höhe, stationiert werden. Von dort aus könnte jeder geostationäre Satellit ohne Vorwarnzeit zerstört bzw. außer Funktion gesetzt werden. Allerdings wäre ein extrem leistungsfähiges Transportsystem nötig, um eine solche Laserwaffe zu installieren, zu warten und zu betanken (INT 2002, S. 173 f.).

HPM-Waffen

Der Vorteil der Wirkung von HPM-Waffen gegen Ziele im Weltraum ist, dass sie keine Trümmer produzieren, die eigene Satelliten gefährden könnten. Außerdem ist die Zahl der Schüsse nicht prinzipiell begrenzt wie bei einem chemischen Laser. Auch ist insgesamt weniger auf das Ziel aufgebrachte Energie nötig, um eine Schädigung herbeizuführen. Militärische Satelliten sind allerdings meist elektronisch gehärtet und daher als Ziel für HPM-Waffen ungeeignet. Nachteilig ist ferner, dass die Wirkung im Ziel – eine vorübergehende oder auch dauerhafte Störung der Elektronik – schwierig zu verifizieren ist.

Im Falle raumgestützter Systeme wird ein hoher technischer Reifegrad gefordert, zudem sprechen hohe Entwicklungs- und Installationskosten sowie die fragwürdige Effektivität, vor allem gegen gehärtete Ziele sowie über sehr große Entfernungen, gegen die Stationierung von HPM-Waffen im Weltraum. Sie ist allenfalls für Selbstverteidigungszwecke gegen ASAT-Angriffe wahrscheinlich, wobei aber auch hier die Härtungsmaßnahmen des Angreifers in Rechnung zu stellen sind.

Die Einführung von HPM-Waffensystemen ist wegen der genannten Probleme mittelfristig eher für taktische Aufgaben wie z. B. die Selbstverteidigung boden-, luft- und seegestützter Systeme vor Flugkörperangriffen denkbar (INT 2002, S. 174).

Exoatmosphärische Kernwaffenexplosion

Mit der Detonation einer Kernwaffe im LEO können binnen einer Woche bis zwei Monaten alle dort stationierten Satelliten durch Strahlung außer Funktion gesetzt werden. Die dauerhafte Stationierung einer solchen Kernwaffe im LEO (die durch den Weltraumvertrag verboten ist) wäre allerdings – ebenso wie die Option, Sprengköpfe mit Raketen vom Boden aus ins All zu bringen – eine höchst fragwürdige Maßnahme für Staaten mit eigenen Satelliten (INT 2002, S. 175).

2. Weltraumgestützte Waffensysteme gegen ballistische Flugkörper

Weltraumgestützte Systeme zur Abwehr von Angriffen ballistischer Raketen bieten grundsätzlich den Vorteil, dass eine Bekämpfung in der Startphase weltweit möglich ist – unabhängig von Basen in der Nähe der Startplattform und ohne ggf. in den Luftraum gegnerischer Länder einzudringen. Dies ist mit ein Grund dafür, dass die raumgestützte Laserwaffe in den USA besonders als erstes Segment einer gestaffelten Raketenabwehr („Layered Defense“) diskutiert wird. Die Bekämpfung ballistischer Raketen ist jedoch schwieriger als die von Satelliten: Das Ziel wird nur vergleichsweise kurz über der Atmosphäre sichtbar, es ist schwieriger, seine Bahn mit hinreichender Genauigkeit zu vermessen, und das Bekämpfungsintervall ist recht kurz. Wegen der Entfernungen und der Kürze der Zeit ist nur eine Bekämpfung vom LEO aus und nicht aus höheren Umlaufbahnen sinnvoll.

Start- und Aufstiegsphasen-Raketenabwehr-Systeme können grundsätzlich auch zur Bekämpfung von ASAT-Flugkörpern dienen (Anti-ASAT).

Lenkflugkörper

Das Abfangen ballistischer Raketen in der Startphase mit raumgestützten Lenkflugkörpern dürfte – bei einer realistischen Konfiguration – aufgrund von Entfernungen von bis zu einigen tausend Kilometern nicht möglich sein. In der Phase nach Brennschluss wäre ihre Bekämpfung aber mit Hochgeschwindigkeits-Flugkörpern realisierbar. Spreng-, Splitter- oder KE-Gefechtsköpfe haben – im Vergleich zu einer Laserwaffe – auch noch nach Brennschluss eine u. U. effektivere Wirkung im Ziel.

Je später der Abfang der ballistischen Rakete erfolgt, desto wahrscheinlicher ist allerdings, dass aus einem ganzen Spektrum an Objekten (Gefechtskopf, die letzte Stufe der Rakete, weitere Teile des Transportsystems, Täuschkörper) das Ziel identifiziert werden muss. Die bisherigen Tests des NMD-Programms der USA haben gerade bei der Zieldiskriminierung in dieser Phase massive Probleme aufgezeigt.

In früheren Konzepten (im Rahmen von SDI) war vorgesehen, eine globale Konfiguration von ca. 4 600 Mikrosatelliten von ca. 46 kg Masse in etwa 460 km Höhe zu stationieren. Diese sollten startende Raketen autonom bekämpfen, indem sie sich in deren Bahn manövrieren und sie durch Rammen zerstören sollten. In den 1990er-Jahren wurde das ursprünglich auf einen massiven strategischen Angriff der UdSSR bezogenen SDI-Konzept in ein Konzept zum „globalen Schutz vor begrenzten Schlägen" (Global Protection Against Limited Strikes, GPALS) umgewandelt.

Vergleicht man die augenblicklichen Aktivitäten mit den früheren, so lässt sich sagen, dass raumgestützte Abfangflugkörper derzeit nicht mehr im Zentrum der Bemühungen stehen. Favorisiert werden terrestrische Flugkörper. Die US-amerikanische Raketenabwehrbehörde MDO plant allerdings für 2005/06 einen Testflug des Space-Based Interceptor Experiment (SBX) (INT 2002, S. 177). Verfolgt wird nach wie vor das Ziel, die technische Möglichkeit eines Abfangs von ICBMs in der Startphase zu demonstrieren.

Laserwaffe

Eine raumgestützte Laserwaffe bietet durch die Waffenwirkung mit Lichtgeschwindigkeit die Möglichkeit zur Bekämpfung ballistischer Raketen schon in der Antriebsphase, und damit auf oder nahe dem Territorium des Gegners. Die schnelle Zielwechselmöglichkeit (0,5 s), das Entfallen der Notwendigkeit eines Vorhalts, die schnelle Verifizierung eines Treffers und die relativ kurze Bestrahlzeit (kill time) von nur 1 bis 10 s pro Ziel ermöglichen die Bekämpfung vieler Ziele in kurzer Zeit.

Wegen der starken Absorption der Wellenlänge des im Projekt Space-Based Laser der US-Luftwaffe (Abbildung 14) verwendeten HF-Lasers ist der „Beschuss" erst oberhalb der Atmosphäre (~ 80 km Höhe) voll wirksam. Damit ist eine Wirksamkeit gegen taktische ballistische Raketen fraglich, da deren Brennschluss bereits ungefähr zwischen 100 bis 120 km erfolgt. Die Konzeption des SBL sieht daher das Abfangen von Interkontinentalraketen mit einem Brennschluss zwischen 180 bis 220 km vor.

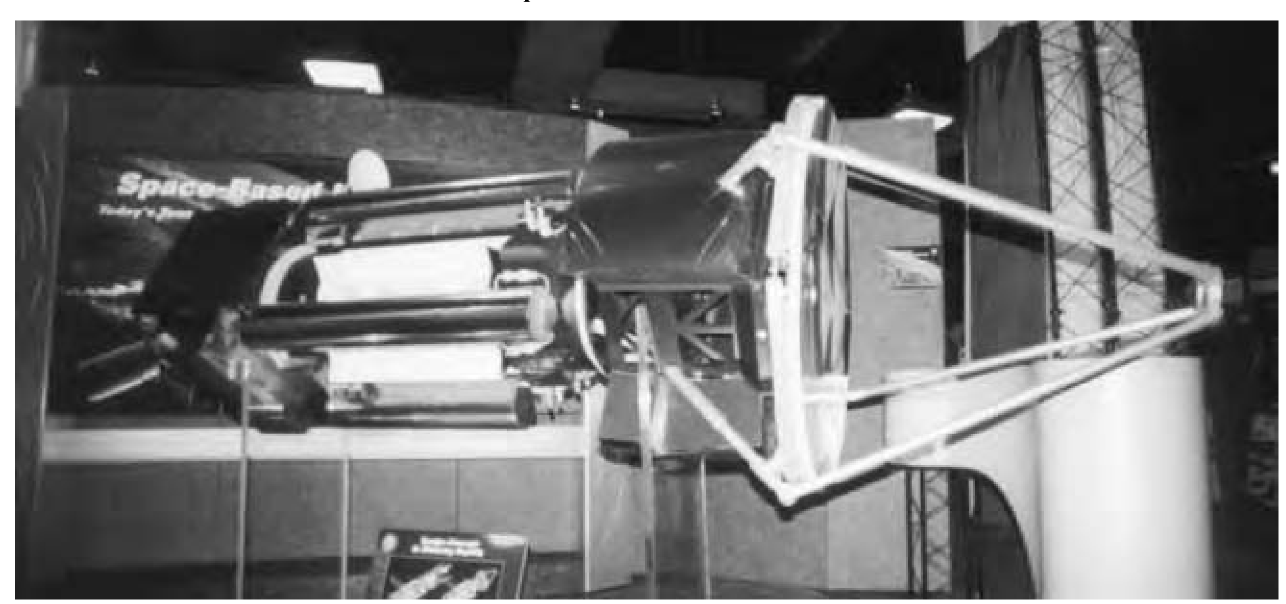
Die augenblicklichen Planungen basieren auf einer Konstellation von 20 Satelliten. Für die Endversion des SBL müsste ein neues Schwerlast-Raumtransportsystem parallel entwickelt werden oder die Endmontage aus mindestens zwei Segmenten in der Umlaufbahn erfolgen.

Im SBL-Programm der USAF war ursprünglich ein Testflug „Integrated Flight Experiment" (SBL-IFX) für 2012 geplant, eine Stationierung des SBL für 2018 bis 2020. Beides ist nun auf unbestimmte Zeit verschoben (INT 2002, S. 178 f.).

Abbildung 14



Modell des Space-Based Laser der US Air Force



Quelle: FAS, nach INT 2002

HPM-Waffen

Als raumgestütztes Mittel gegen ballistische Raketen werden auch Hochleistungsmikrowellen-Waffen diskutiert. Da der Start ballistischer Raketen weitgehend autonom erfolgt und die internen Steuersignale sich leicht abschirmen lassen, ist eine Bekämpfung mit HPM in der Startphase allerdings nicht erfolgversprechend. In der so genannten „Mid-course Phase“ dagegen, d. h. zwischen Start- und Wiedereintrittsphase, muss unter Umständen die ballistische Bahn einer ICBM mithilfe externer Navigationssignale korrigiert werden. In diesem Falle könnte man die Mission durch Blenden der Navigationssensoren oder durch Einspeisen falscher Signale vereiteln. Das setzt aber eine längere Bestrahlung aus einer günstigen Position voraus.

Die Wirksamkeit von Mikrowelleneinstrahlung ist allerdings sehr umstritten. Da auch ein erheblicher technologischer Aufwand erforderlich ist, dürfte die Stationierung von raumgestützten HPM-Waffen zum Einsatz gegen ballistische Raketen eher unwahrscheinlich sein (INT 2002, S. 179).

Elektromagnetische Schienenkanonen

Im Rahmen der Strategischen Verteidigungsinitiative (SDI) der USA wurde erwogen, elektromagnetische Schienenkanonen zur Raketenabwehr im Orbit zu stationieren. Hauptproblem ist die Notwendigkeit, in kürzester Zeit sehr große Ströme zur Verfügung stellen und beherrschen zu können. Die dafür erforderlichen Energiespeicher (Kondensatoren) sind derzeit zu groß und schwer, um sie in eine Umlaufbahn zu bringen. Als Energiequelle böten sich Kernreaktoren an, deren Stationierung im Weltraum allerdings starke Bedenken gegenüberstehen. Weitere Schwierigkeiten sind vor allem die enormen Kräfte, die die Schienen einer Schienenkanone auseinander drücken sowie der Verschleiß der Schienen durch die hohen Ströme, die auf das Projektil überspringen.

Aus den genannten Gründen ist allenfalls langfristig mit einer zur Weltraumstationierung geeigneten Ausführung elektromagnetischer Kanonen zu rechnen. Zuerst werden derartige Waffensysteme wahrscheinlich bodengestützt und zu taktischen Einsatzzwecken erprobt werden (INT 2002, S. 170).

3. Weltraumgestützte Waffensysteme gegen terrestrische Ziele

Unter weltraumgestützten Waffensystemen sollen hier permanent in der Erdumlaufbahn befindliche Systeme verstanden werden. Eine Bekämpfung von Flugzeugen oder Bodenzielen ist aber, wenn überhaupt, nur aus dem LEO sinnvoll möglich.

KE-Geschosse und Explosivwaffen

Gegen einen Einsatz von Projektilen oder Lenkflugkörpern mit mechanischer Wirkung aus der Erdumlaufbahn heraus gegen Luft- oder Bodenziele sprechen der Aufwand und die Probleme einer Weltraumstationierung (wie Transport, Umgebungsbedingungen und begrenzte Lebensdauer). Gegen diese Option spricht augenblicklich auch eine höhere Effizienz und Effektivität terrestrischer Waffensysteme. Mit der Entwicklung des X-41 Common Aero Vehicles (CAV) wird allerdings zurzeit ein manövrierbarer Wiedereintrittskörper entwickelt. Er soll konventionelle Munition und Submunition gegen Bodenziele mit hoher Genauigkeit einsetzen (INT 2002, S. 196).

Nuklearwaffen

In den 1980er-Jahren plante die UdSSR die Stationierung eines mit nuklearen Gefechtsköpfen bestückten Kampfsatelliten. Gegen ein solches System gegen Bodenziele sprechen nach wie vor u. a. die geringe Lebensdauer, die aufwendige Wartung sowie die Gefahr des unkontrollierten Absturzes aufgrund der Abbremsung im LEO (INT 2002, S. 180).

Laserwaffen gegen Luft- (und Boden-)ziele

Ein raumgestütztes Laserwaffensystem eröffnet grundsätzlich die Option zur Bekämpfung von Flugzeugen und Marschflugkörpern durch Zerstörung von Flugzeugkanzeln, Treibstofftanks, Sensoren oder Elektronikkomponenten. Die Einwirkdauer ist u. U. länger als bei der Bekämpfung von ballistischen Raketen; allerdings hat ein Weltraumlaser nur eine begrenzte Zahl von „Schüssen“.

Beim derzeit in den USA zum Zwecke der Abwehr ballistischer Raketen in der Entwicklung befindlichen Space-Based Laser ist eine Einsatzoption gegen Luft- (und Boden-)ziele jedoch nicht möglich, da das Licht des hier verwendeten HF-Lasers stark von der Atmosphäre absorbiert wird. Dagegen wäre mit dem All-Gasphasen-Iod-Laser, dessen Strahlung die Atmosphäre sehr gut durchdringt, ein solcher Einsatz aber denkbar. Zuverlässig, also bei jedem Wetter, könnten jedoch nur hoch fliegende Ziele bekämpft werden.

Neben den technischen Restriktionen sprechen auch – wegen des erheblichen Aufwandes – Gründe der Effizienz gegen diese Option, sodass zur Bekämpfung von Luftzielen wohl eher luft- oder bodengestützte Mittel infrage kommen.

HPM-Waffen

Weltraumgestützte HPM-Waffen zur Bekämpfung von Luft- und Bodenzielen (wie in den USA zumindest angedacht) benötigen für ausreichende Strahlfokussierung und Ausrichtung Antennen mit einer Fläche von mehreren Tausend Quadratmetern. Der Transport ins All und deren Montage würden enormen Aufwand erfordern. Zudem müsste eine äußerst leistungsfähige Energieversorgung sichergestellt sein. Schließlich ist die Lebensdauer von im LEO stationierten Systemen auf einige Jahre begrenzt, sehr große Flächen (Antennen) machen solche Systeme nur noch kurzlebiger.

Daher ist insgesamt nicht damit zu rechnen, dass weltraumgestützte HPM-Waffensysteme für den Einsatz gegen Luft- oder Bodenziele stationiert werden (INT 2002, S. 180).

4. Terrestrische Waffensysteme gegen Raumziele

Für die Bekämpfung geostationärer Satelliten sind aufwendige mehrstufige Transportsysteme nötig. Es ist bisher kein ASAT-System bekannt, das für den Einsatz gegen geostationäre Satelliten entwickelt wurde (INT 2002, S. 182).

Anti-Satelliten-Flugkörper

Seit 1990 wird von Boeing und US Army das bodengestützte „KE-ASAT“-System entwickelt, ein Kinetic Kill Vehicle (KKV) ist bereits weit fortgeschritten. Zum Transport ist eine Minuteman-II-Rakete vorgesehen, die das KKV bis auf 2 000 km Höhe tragen soll. Das Programm wird derzeit nur langsam weiterverfolgt. Bis 2002 sollten drei „Kill Vehicles“ produziert, aber nicht getestet werden. Das System wird auch von den Entwicklungen im Bereich der Raketenabwehr profitieren (INT 2002, S. 184).

Auch die in der Entwicklung befindlichen boden- und seegestützten Raketenabwehrsysteme zum Abfang in großer Höhe sollten in der Lage sein, Satelliten im LEO zu zerstören. Tatsächlich entsprechen bislang die meisten Abfangtests eher einer ASAT-Konfiguration: Die Bahn des Ziels war bekannt und es gab keine nennenswerten Täuschversuche.

Da die Anforderungen an Beschleunigung und Beweglichkeit eines Raketenabwehrflugkörpers aber größer sind als zum Satellitenabschuss, ist der Einsatz von Raketenabwehr-Lenkflugkörpern gegen Satelliten weniger wahrscheinlich. Es ist eher zu erwarten, dass hierzu ein spezielles ASAT-Kill-Vehicle (wie das KE-ASAT-KV) mit einer vorhandenen ICBM-Trägerrakete und den Führungssystemen zukünftiger Raketenabwehrsysteme kombiniert werden wird (INT 2002, S. 185).

Laserwaffen

Auch mit boden- oder luftgestützten Laserwaffen lassen sich Satelliten vorübergehend oder dauerhaft außer Funktion setzen. Anders als bei der mechanischen Zerstörung entsteht kein zusätzlicher Weltraumschrott und der Besitzer des angegriffenen Satelliten kann meist gar nicht verifizieren, dass ein Angriff stattgefunden hat. Wie für ein koorbital angreifendes bodengestütztes ASAT-System gilt auch für einen Einsatz bodengestützter Laser, dass ein Angriff nur wenige Male am Tag möglich ist. Grundsätzlich ist keine große Laserleistung nötig, falls elektrooptische Sensoren geschädigt werden sollen.

Bei Tests der US Army konnte ein eigener Aufklärungssatellit im LEO schon mit einem (chemischen) 30-W-Niederenergielaser vorübergehend geblendet werden. Mit Hochenergielasern, verbunden mit adaptiver Optik, lassen sich auch dauerhafte Schäden bewirken. Ein versuchsweiser Einsatz des DF-Hochenergielasers MIRACL gegen einen Satelliten der US-Luftwaffe 1997 misslang allerdings. Die UdSSR beleuchtete 1984 das Space Shuttle Challenger mit einem abgeschwächten Hochenergielaser (TERRA-3), was Geräteausfall und vorübergehendes Blenden der Mannschaft bewirkte.

Auch die Volksrepublik China soll mittlerweile über die Fähigkeit zur Schädigung von elektrooptischen Satellitensensoren mittels Laser verfügen. Ein zu diesem Zweck entwickelter bodengestützter DF-Laser soll im Jahre 1998 in Dienst gestellt worden sein.

Adaptive Optiken sowie die ebenfalls benötigte Zielverfolgungs-Software sind mittlerweile kommerziell erhältlich, sodass es vielen Akteuren leicht möglich sein sollte, Weltraumziele mit einem bodengestützten Laser zu bestrahlen. An der Entwicklung von Laserwaffen höherer Leistung, die in der Lage sein sollen, Satellitenstrukturen zu zerstören, wird gearbeitet (INT 2002, S. 187).

Ein luftgestützter Laser – wie der Airborne Laser der US-Luftwaffe – kann sowohl gegen Raketen als auch gegen Satelliten eingesetzt werden – unabhängig vom Überflug des Zielsatelliten über das eigene Territorium. Dabei wird der Laserstrahl beim „Schuss“ aus großer Höhe nach oben weniger durch die Atmosphäre beeinflusst als bei der Bekämpfung von Raketen schräg durch die Atmosphäre. Satelliten sind überdies ein weit empfindlicheres Ziel als ballistische Raketen. Die mögliche Einwirkdauer ist etwas länger, da sie nicht durch den Brennschluss des Raketentriebwerks begrenzt wird, sondern vor allem durch die Zeitspanne, während der der Satellit sich innerhalb einer durch die Größe der Laseroptik gegebenen maximalen Entfernung (ca. 1 000 km) aufhält und frei sichtbar ist. Der ABL müsste allerdings noch mit einem für die Satellitenverfolgung geeigneteren Sensorsystem ausgestattet werden. Ein wichtiges Problem eines luftgestützten Lasers ist die notwendige Schwingungsentkopplung von Laserstrahloptiken und Trägerflugzeug (INT 2002, S. 188).

Der ABL war ursprünglich für die Abwehr taktischer ballistischer Raketen konzipiert. Mittlerweile soll er aber auch eine Rolle als erste Verteidigungsstufe (Startphasenabwehr) sowie als wichtiger Sensorträger in einer angestrebten bündnis- oder weltweiten Abwehr ballistischer Raketen großer Reichweite erhalten. Das jetzt entwickelte und getestete ABL-System (Abbildung 15) soll eine Reichweite von 50 bis 400 km und Treibstoffvorrat für 20 „Schüsse“ haben. Der erste Raketenabschuss im Flug ist für 2004 geplant. Eine Stationierung der insgesamt vorgesehenen sieben Flugzeuge wird nicht vor 2010 erwartet. Auch Russland entwickelt eine luftgestützte Laserwaffe, ist aber damit vermutlich noch nicht so weit fortgeschritten wie die USA (INT 2002, S. 188).

HPM-Waffen

Bodengestützte Mikrowellenwaffen eignen sich trotz der Verluste in der Atmosphäre gut zum vorübergehenden Stören von Satelliten, da die erforderliche Leistung relativ gering ist. Eine Einwirkung ist allerdings nur bei Sichtverbindung möglich (max. wenige Minuten). Dabei gelten für bodengestützte HPM-Waffen nicht die gleichen hohen technischen Anforderungen wie für raumgestützte. Für eine dauerhafte Beschädigung oder Zerstörung der Satellitenelektronik sind dagegen wesentlich höhere Leistungsdichten am Ziel erforderlich. Diese können mit heutiger Technologie nicht mit vertretbarem Aufwand und hinreichender Zuverlässigkeit erreicht werden.

Insgesamt ist deshalb der Einsatz von HPM-Waffen eher gegen die zu den Satelliten gehörende Bodeninfrastruktur zu erwarten (INT 2002, S. 189).

Kernwaffen

Alle kernwaffenbesitzenden Staaten wären derzeit technologisch in der Lage, mittels Kernsprengköpfen Systeme im Weltall (vor allem im LEO) zu schädigen oder zu zerstören.

Durch weitere Proliferation von ballistischen Raketen und Kernwaffen könnte sich die Zahl der Staaten – oder auch substaatlicher Akteure – mit dieser Fähigkeit in den nächsten Jahren erhöhen. Kernwaffenexplosionen wären aber keine sinnvolle Einsatzoption für Staaten mit eigenen Satelliten, da diese hierdurch geschädigt würden (INT 2002, S. 175).

Abbildung 15

Montage des Airborne Lasers in einer Boeing 747-400F



Die Flugzeugnase ist ein 1:1-Modell für die Flugtauglichkeitstests, die seit Juli 2002 begonnen haben. In der Nase wird später der bewegliche Hauptspiegel montiert (1,5 m Durchmesser), der den Haupt-, den Mess- und den Beleuchtungsstrahl auf das Ziel fokussiert, typischerweise quer zur Flugrichtung. Der Aufbau oberhalb der Pilotenkanzel enthält den Laserentfernungsmesser.
Quelle: nach INT 2002

5. Transatmosphärisches Flugzeug

Transatmosphärische Flugzeuge (TAV) sind aus militärischer Sicht ein attraktives Mittel für zahlreiche Missionen. Mit ihrer Hilfe können Satelliten ins All gebracht, Satelliten repariert, aber auch ge- oder zerstört werden. TAVs hätten dem Konzept nach auch die Fähigkeit zur weltweiten Aufklärung und zum Einsatz von Präzisionswaffen gegen Ziele auf der Erde.

Die intensiven Entwicklungsarbeiten bei der NASA (Next-generation Space Shuttle), vor allem aber der Air Force, zielen auf die Demonstration der Einsatzfähigkeit eines Space Maneuver Vehicles (SMV) bzw. Aerospace Operations Vehicle (AOV). Letzteres soll bis zu einem Jahr im Umlauf bleiben und selbstständig zur Erde zurückkehren können. Augenblicklich werden die kritischen Technologien getestet und in Systemkonzepte überführt. In diesem Jahrzehnt dürfte mit einem anspruchsvollen System, das zur Stationierung geeignet ist, nicht zu rechnen sein. Allgemein wird mit einsatzreifen Systemen eines TAV nicht vor 2020 gerechnet.

6. Fazit

Sieht man von unbestätigten Meldungen über chinesische Parasiten-Kleinstsatelliten ab, sind derzeit keine eingeführten raumgestützten Waffensysteme bekannt. Raumgestützte Laserwaffen sowie raumgestützte Flugkörper, beide zum Zwecke der Raketenabwehr, befinden sich ebenso im Forschungs- bzw. Entwicklungsstadium wie militärische Kleinstsatelliten.

Technologische Kompetenzen zum Stören, eventuell auch zur Zerstörung von Satelliten vom Boden (bzw. von der Luft) aus sind bei den USA und Russland schon lange vorhanden und die Technologien werden laufend weiterentwickelt. Neben Laser- und HPM-Systemen gehören hierzu vor allem die ASAT-Technologie-Kompetenzen der USA und Russlands in Form von luftgestützten ASAT-Systemen. Auch die Volksrepublik China ist derzeit bemüht, sich diese Fähigkeiten anzueignen. 1995 stellte China eine Superkanone mit 85 mm Kaliber und 21 m Rohrlänge vor, die Projektile von 40 kg auf eine 300 km hohe suborbitale Bahn schießen kann (INT 2002, S. 185 f.).

Alle kernwaffenbesitzenden Staaten sind technologisch in der Lage, durch eine hoch atmosphärische Kernwaffenexplosion alle LEO-Satelliten (einschließlich ihrer eigenen) zu schädigen. Durch weitere Proliferation von ballistischen Raketen sowie Kernwaffen könnte sich die Zahl von Staaten und substaatlichen Akteuren mit dieser Fähigkeit in den nächsten Jahren erhöhen.

Angriffe gegen das Bodensegment von Satellitensystemen (konventionell, elektronisch) bieten eine weitere Möglichkeit zu deren Störung oder Schädigung, die zahlreichen Akteuren zur Verfügung steht, da sie technologisch weniger aufwendig ist.

Neben diesen bereits jetzt vorhandenen Optionen für militärische Aktionen im, aus dem und in den Weltraum ist in Zukunft auch mit zusätzlichen Optionen zu rechnen. Abschließend soll deshalb der Versuch einer Abschätzung der weiteren Entwicklungen vorgenommen und zur Diskussion gestellt werden. Angesichts zahlreicher Unwägbarkeiten, insbesondere bei den politischen und ökonomischen Rahmenbedingungen, sollen diese Aussagen aber nur als plausible qualitative Argumente und nicht als Prognose verstanden werden.

Betrachtet man die strategischen Überlegungen und Zielsetzungen der US-amerikanischen Planungsdokumente sowie die zur Erreichung dieser Ziele diskutierten und vorangetriebenen Technologien im Zusammenhang, lassen sich für die weiteren technischen Entwicklungen bei den diskutierten Waffen folgende Thesen formulieren und zur Diskussion stellen:

– Viel spricht dafür, dass Mikrosatelliten/Serviceroboter zum Einsatz gegen andere Satelliten ein erster Schritt zur Verwirklichung des angestrebten Ziels umfassender „space control“ sein werden.

– Luftgestützte Laserwaffen gegen (taktische) ballistische Raketen werden kontinuierlich weiterentwickelt. Dies könnte ihre Eignung für den Einsatz gegen Weltraumziele so weit verbessern, dass ein luftgestützter Laser hierzu eine effiziente Option werden würde.

– Bodengestützte Kill-Vehicles zum Einsatz gegen Satelliten sind relativ weit in der Entwicklung fortgeschritten. Aufgrund weiterer FuE-Aktivitäten im Zusammenhang mit Projekten der Raketenabwehr werden diese Entwicklungen beschleunigt, sodass KE-ASAT-Systeme bald einsatzreif sein könnten.

– Bodengestützte Laserwaffen zur Störung sind bereits jetzt verfügbar. Laser zur Schädigung oder Zerstörung von Weltraumzielen sind mittelfristig zu erwartende tragfähige Einsatzoptionen.

– Bodengestützte HPM-Waffen zum Stören von Satelliten sind kurz- bis mittelfristig einsatzfähig.

– Weltraumgestützte Laserwaffen zum Abfangen von ballistischen Raketen (noch vor Brennschluss) werden zurzeit mit reduziertem Aufwand verfolgt, die Termine für Tests und Stationierung sind weit nach hinten gerückt worden.

– Weltraumgestützte KE-Konzepte gegen ICBM (in der Startphase) werden trotz der großen technischen Probleme, die zu lösen sind, weiter verfolgt.

Aus rüstungskontrollpolitischer Sicht ist zu sagen, dass die hier genannten militärischen Optionen in keiner Phase ihrer Entwicklung bis einschließlich ihrer Stationierung eindeutig untersagt sind.

Zahlreiche Staaten sehen in diesem potenziellen Aufwuchs militärischer Weltraumsysteme eine Gefahr für die Stabilität des internationalen Staatensystems. Vor allem durch eine weltweite Spirale von Maßnahmen und Gegenmaßnahmen, so wird befürchtet, könnte ein allgemeines Wettrüsten in Gang kommen. Mit der Frage, ob und wie Rüstungskontrollpolitik diesen möglichen Entwicklungen vorbeugen könnte, beschäftigt sich das folgende Kapitel.

V. Stand und Perspektiven der Regulierung militärischer Weltraumnutzung

1. Rüstungskontrolle und Weltraumrecht

Angesichts der bisher skizzierten Entwicklungen zeigt sich aus rüstungskontrollpolitischer Sicht erheblicher Handlungsbedarf. Das völkerrechtliche Normenwerk für die militärische Weltraumnutzung droht inadäquat zu werden, denn die weltraumrechtlichen Normen sind in vielerlei Hinsicht zu abstrakt, und die technologisch-militärische Entwicklung hat einige bisherige Regelungen veralten lassen. Vor diesem Hintergrund wird zunehmend klarer, dass durch die seit einigen Jahren bestehende Blockade der Genfer Abrüstungskonferenz (CD) ein dringend notwendiges internationales Forum zur Diskussion der Problematik fehlt. Diese Blockade resultiert vor allem aus Meinungsverschiedenheiten zwischen der USA und der Volksrepublik China, wobei die Thematik der Weltraumrüstungskontrolle von zentraler Bedeutung ist.

Im Folgenden wird ein Überblick über den Stand und die möglichen Optionen der Weltraumrüstungskontrolle gegeben und versucht, gangbare Wege zur Überwindung des derzeitigen Stillstands aufzuzeigen.

1.1 Stand der rechtlichen Regulierung

Entstehung und Weiterentwicklung des Weltraumrechts wurden maßgeblich durch die Blockkonfrontation in der Zeit des Kalten Krieges beeinflusst. Als in der zweiten Hälfte der 1950er-Jahre die Sowjetunion und die USA zu Weltraummächten wurden, bestimmten militärische Interessen de facto schon in hohem Maße die entsprechenden Aktivitäten dieser beiden Staaten. So fanden z. B. bis 1962 Nuklearwaffentests beider Länder auch im Weltall statt (Moltz 2002).

Im selben Zeitraum entwickelte sich aber auch die friedliche Nutzung des Weltraums zu einem zentralen Gegenstand rechtlicher Regulierungsbemühungen auf internationaler Ebene. Die Vollversammlung der Vereinten Nationen verabschiedete am 13. Dezember 1958 die Resolution A/1348 (XIII) zur Frage der friedlichen Nutzung des Weltraums. In dieser wird es als gemeinsames Ziel bezeichnet, den Weltraum ausschließlich für friedliche Zwecke zu nutzen. Die Ausweitung nationaler Rivalitäten in den Weltraum sollte nach Wunsch der Vollversammlung vermieden werden. Dementsprechend erfolgte die Einrichtung eines „Ad Hoc Committee on the Peaceful Uses of Outer Space“ (COPUOS) der Vereinten Nationen, das schon im darauf folgenden Jahr

durch die Resolution 1472 (XIV) vom 12. Dezember 1959 in einen ständigen Ausschuss umgewandelt wurde.

Die Weltraum-Rüstungskontrollpolitik erhielt einen weiteren Schub, als die Folgen der Nuklearwaffentests im Weltall deutlich wurden. Durch diese waren u. a. militärische Aufklärungssatelliten beschädigt worden (Moltz 2002). Nicht zuletzt als Reaktion auf diese Erfahrungen kam im Jahr 1963 der Vertrag über das Verbot von Kernwaffenversuchen in der Atmosphäre, im Weltraum und unter Wasser zustande, der gemeinhin als begrenztes Teststopp-Abkommen für Nuklearwaffen (PTBT, „Partial Test Ban Treaty“) bezeichnet wird. Treibende Kräfte waren die beiden Supermächte sowie Großbritannien, andere Nuklearmächte wie vor allem die Volksrepublik China und Frankreich zeigten sich ablehnend. Ebenfalls im Jahr 1963 wurden in der Resolution 1962 (XVIII) der UN-Vollversammlung (mit dem Titel „Declaration of Legal Principles Governing the Activities of States in the Exploration and Use of Outer Space“) die nationale Verantwortlichkeit für Schäden durch Weltraumaktivitäten und die Hoheitsfreiheit der Himmelskörper postuliert.

Während COPUOS Fragen der zivilen Nutzung des Weltraums behandelt, liegen die Aspekte militärischer Weltraumnutzung im Verantwortungsbereich der Genfer Abrüstungskonferenz (CD, Conference on Disarmament), des einzigen globalen und multilateralen Abrüstungsforums. Die CD ist kein Forum der UN, aber eng an diese angebunden.[6] Alle fünf offiziellen Nuklearwaffenstaaten (Frankreich, Großbritannien, Russland, USA, Volksrepublik China) sind Vollmitglieder. Das oberste Organ der CD ist die Plenarversammlung, die jeweils von einem Land präsidiert wird. Entscheidungen werden nach dem Konsensprinzip gefällt. Das Arbeitsprogramm folgt einer „Agenda“ und wird in „Ad-hoc-Komitees“ abgewickelt, die von der Plenarversammlung bestimmt werden, ein spezifisches Mandat erhalten und unter Ausschluss der Öffentlichkeit tagen.

Die Konferenz hatte von 1985 bis 1994 jedes Jahr ein Ad-hoc-Komitee zur Verhinderung eines Wettrüstens im Weltraum (PAROS, Prevention of an Arms Race in Outer Space). Seit 1995 sprechen sich viele Staaten für die Wiedereinrichtung eines solchen Komitees aus. Derzeit existiert nicht nur kein Ad-hoc-Komitee zu PAROS, sondern die gesamte CD ist blockiert. Der Grund dafür sind Meinungsverschiedenheiten zwischen wichtigen Mitgliedern und insbesondere zwischen der USA und der Volksrepublik China.

Der Weltraumvertrag von 1967

Wichtigster Pfeiler des Weltraumrechts ist bis heute der „Vertrag über die Grundsätze zur Regelung der Tätigkeiten von Staaten bei der Erforschung und Nutzung des Weltraums einschließlich des Mondes und anderer Himmelskörper“ (WRV, Weltraumvertrag) vom 27. Januar 1967. Der Weltraum ist nach Artikel I Abs. 1 ein hoheitsfreier Gemeinschaftsraum, dessen Erforschung und Nutzung im Interesse und zum Vorteil aller Staaten zu „friedlichen Zwecken“ erfolgen muss. Erforschung und Nutzung des Weltalls werden zur „province of all mankind“ erklärt. Neben dieser Menschheitsklausel finden sich im Vertragstext zudem eine Charakterisierung von Astronauten als „envoys of mankind in outer space“ (Artikel V WRV), ein Aneignungsverbot in Bezug auf den Weltraum – einschließlich des Mondes und der Himmelskörper (Artikel II WRV) –, ein ausdrückliches Kooperationsgebot sowie ein Rücksichtnahmegebot. So heißt es in Artikel IX WRV: „In the exploration and use of outer space, including the Moon and other celestial bodies, States Parties to the Treaty shall be guided by the principle of cooperation and mutual assistance and shall conduct all their activities in outer space, including the Moon and other celestial bodies, with due regard to the corresponding interests of all other States Parties to the Treaty.“ Im selben Artikel wird festgelegt, dass im Fall einer „potentially harmful interference with activities [...] in the peaceful exploration and use of outer space, including the Moon and other celestial bodies“ die aktiven sowie die von den Aktivitäten betroffenen Staaten internationale Konsultationen unternehmen sollen. Dies beträfe auch den Fall einer Beeinträchtigung von Satellitenfunktionen.

Durch den Weltraumvertrag werden militärische Einrichtungen auf Himmelskörpern sowie die Stationierung von Massenvernichtungswaffen im Weltraum verboten. Da das Stationierungsverbot lediglich für Massenvernichtungswaffen gilt, dürfen die Vertragsparteien auf der Erde Massenvernichtungswaffen für den Einsatz im Weltraum entwickeln sowie andere Waffen im Weltraum stationieren. Des Weiteren wird festgelegt, dass Weltraumaktivitäten in Übereinstimmung mit dem Völkerrecht und insbesondere der UN-Charta durchgeführt werden sollen (Artikel III WRV), was das Gewaltverbot sowie das Recht auf nationale (individuelle oder kollektive) Selbstverteidigung in Bezug auf den Weltraum bestätigt.

Der Weltraumvertrag schreibt also keinen vollständig entmilitarisierten Weltraum fest. Angesichts des geringen Grades der in ihm festgeschriebenen Regulierung militärischer Weltraumnutzung lässt sich die Ansicht vertreten, dass der Vertrag wenig hemmenden Einfluss auf die Entwicklung der Militarisierung des Weltraums hat.

Weitere weltraumrechtliche Abkommen und ihr Status

Auf Grundlage des Weltraumvertrags wurden weitere Abkommen zu Einzelaspekten ausgearbeitet, u. a.:

- Das „Übereinkommen über die Rettung und Rückführung sowie die Rückgabe von in den Weltraum gestarteten Gegenständen“ (Weltraumrettungsabkommen) vom 22. April 1968 verpflichtet zur Rettung von in Not geratenen Astronauten und zur Rückgabe von Raumschiffen.
- Das „Übereinkommen über die völkerrechtliche Haftung für Schäden durch Weltraumgegenstände“ (Weltraumhaftungsabkommen) vom 29. März 1972 verpflichtet Besitzer von Weltraumobjekten, für alle durch diese verursachten Schäden aufzukommen.
- Das „Übereinkommen über die Registrierung von in den Weltraum gestarteten Gegenständen“ (Registrierungsübereinkommen) vom 14. Januar 1975 fordert ein Mindestmaß an Information über jeden Weltraumstart.

[6] Die Konferenz gibt sich ihr eigenes Arbeitsprogramm und Verfahren. Dabei berücksichtigt sie Empfehlungen der Generalversammlung der UN und erstattet ihr mindestens einmal jährlich Bericht. Der UN-Generalsekretär ernennt in Absprache mit der Konferenz deren Generalsekretär.

– Das „Übereinkommen zur Regelung der Tätigkeiten von Staaten auf dem Mond und anderen Himmelskörpern“ (MV, Mondvertrag) vom 18. Dezember 1979 bezeichnet den Mond und seine Naturschätze als „common heritage of mankind“, als gemeinsames Erbe der Menschheit, das keiner nationalen Aneignung unterliegen darf (Artikel XI MV). Der Vertrag enthält zudem ein Totalverbot von Waffen auf den Himmelskörpern.

Der Status der weltraumrechtlichen Verträge hatte sich bis Mai 2001 sehr unterschiedlich entwickelt: Laut UN-Angaben wurde der Weltraumvertrag bis dahin von 97 Staaten ratifiziert und von 27 Staaten nur signiert, das Rettungs- und Rückführungsübereinkommen hatten 88 Staaten ratifiziert und 25 lediglich signiert, das Weltraumhaftungsübereinkommen 82 ratifiziert und 26 signiert, das Registrierungsabkommen 44 ratifiziert und vier signiert. Der Mondvertrag wurde bisher sogar nur von zehn Staaten ratifiziert und von fünf Staaten signiert. Keine der wichtigsten Weltraummächte hat ihn ratifiziert. Der Hauptgrund dafür dürfte das vorgesehene Aneignungsverbot für Naturschätze sein.

Die Vollversammlung der UN fordert alle Staaten, die den Weltraumvertrag ratifiziert oder signiert haben, dazu auf, den anderen Verträgen beizutreten.

Es bleibt insgesamt festzuhalten, dass auf UN-Ebene seit den im Ergebnis weitgehend erfolglosen Verhandlungen über den Mondvertrag keine wesentlichen Weiterentwicklungen des Weltraumrechts mehr stattgefunden haben.

Weitere relevante Abkommen

Neben den eigentlichen weltraumrechtlichen Abkommen existieren weitere Abkommen und Vereinbarungen, die das Thema Weltraumrüstungskontrolle berühren:

– So verbietet der bereits erwähnte PTBT Einsatz und Test von Nuklearwaffen auch im Weltraum. Nicht verboten sind jedoch unterirdische Explosionen zur Entwicklung von nuklearen Waffensystemen für den Weltraum. Zudem wurde in der CD der Vertrag über das umfassende Verbot von Nuklearversuchen (CTBT, „Comprehensive Test Ban Treaty“) ausgehandelt und nach Abschluss der Verhandlungen in Genf am 24. September 1996 in New York zur Unterzeichnung aufgelegt. Der CTBT kann erst dann in Kraft treten, wenn ihn 44 im Vertrag namentlich aufgeführte Staaten ratifiziert haben. Alle Staaten der Europäischen Union, die dieser Gruppe angehören, haben den Vertrag bereits ratifiziert. Von den fünf offiziellen Kernwaffenstaaten haben Frankreich, Großbritannien und Russland ratifiziert. Die Ratifikation durch die Vereinigten Staaten hat der US-Senat am 13. Oktober 1999 abgelehnt.

– Das 1987 zunächst nur zwischen den führenden westlichen Industrienationen vereinbarte „Missile Technology Control Regime“ (MTCR) sieht eine Beschränkung des Transfers bestimmter raketenrelevanter Technologien vor. Das Ziel ist die Begrenzung der Raketenfähigkeiten lediglich in den Ländern, die bislang nicht darüber verfügen.

– Die Konvention über ein Verbot von militärischer oder anderweitig feindseliger Anwendung von Techniken zur Veränderung der Umwelt (ENMOD) von 1977 gilt auch in Bezug auf den Weltraum.

– Der SALT-I-Vertrag zwischen der USA und der Sowjetunion von 1972 untersagt die Beeinträchtigung nationaler technischer Mittel (NTM) der Verifikation (Kontrolle der Vertragseinhaltung) und insbesondere der entsprechenden Satelliten.

– Die START-Abkommen (START I von 1991 und START II von 1993) zeichnen sich durch ein ausgeprägtes Verifikationssystem aus, das die dauerhafte Überwachung bestimmter Einrichtungen, regelmäßigen Datenaustausch und Vor-Ort-Inspektionen erlaubt. Außerdem wurde mit der Joint Compliance and Inspection Commission (JCIS) ein Forum eingerichtet, in dem strittige Fragen kooperativ geklärt werden können. Der START-I-Vertrag erlaubt die Verwendung sonst zu vernichtender Raketen als „space launch vehicles“, eine Möglichkeit, die insbesondere von Russland genutzt wird. Am 24. Mai 2002 unterzeichneten die USA und Russland einen neuen Abrüstungsvertrag, welcher die START-Verträge ersetzt. Das Verifikationsregime des START-Vertrages bleibt dabei jedoch weiterhin in Kraft.

Der von der USA zum 13. Juni 2002 gekündigte ABM-Vertrag von 1972 mit der Sowjetunion bzw. Russland untersagte die Entwicklung, Erprobung und Stationierung eines landesweiten oder weiter reichenden Raketenabwehrsystems, was auch Weltraumkomponenten eines solchen Systems einschloss.

Verbotstatbestände und Regelungsdefizite

Im Überblick lässt sich Folgendes feststellen: Ausdrückliche Verbotsbestimmungen hinsichtlich bestimmter militärischer Nutzungsarten des Weltraums enthalten (neben dem derzeit wenig relevanten Mondvertrag) Artikel IV des Weltraumvertrages, der PTBT und ENMOD.

Artikel IV Abs. 1 des Weltraumvertrages verbietet die Stationierung von Nuklear- und anderen Massenvernichtungswaffen in einer Erdumlaufbahn oder auf Himmelskörpern. Absatz 2 untersagt generell bestimmte militärische Nutzungen, darunter insbesondere die Einrichtung militärischer Stützpunkte, die Erprobung von Waffen und das Abhalten von Manövern auf den Himmelskörpern. Artikel IX WRV legt im Fall einer „potentially harmful interference“ mit friedlichen Weltraumaktivitäten eine Pflicht zu internationalen Konsultationen fest.[7]

Der PTBT verbietet jede nukleare Versuchsexplosion im Weltraum (Artikel I) und ENMOD generell – unter ausdrücklicher Einbeziehung des Weltraums (Artikel II) – den Einsatz umweltverändernder Techniken zu militärischen Zwecken mit weiträumigen, andauernden oder schwerwiegenden Umweltauswirkungen.

[7] In diesem Zusammenhang ist zudem auf Artikel 45 der Verfassung der Internationalen Fernmeldeunion (International Telecommunication Union, ITU) zu verweisen. Dieser verbietet die Einrichtung und Nutzung von Radio-Stationen jedweder Art, wenn diese eine „harmful interference to the radio services and communications“ von anderen ITU-Mitgliedern (und anderweitig autorisierten Anbietern von Radiodiensten) verursachen.

Durch die bestehenden Abkommen sind mithin zwar bestimmte Einschränkungen für die militärische Weltraumnutzung gegeben, doch bleiben erhebliche Lücken. Insbesondere gibt es keine Regelungen, die dem Einsatz von Weltraumwaffen enge Grenzen auferlegen. Erlaubt sind unter dem derzeitigen Regime zumindest:

– der Einsatz militärischen Personals für zivile Zwecke;
– die Stationierung und Nutzung von Satelliten zur Aufklärung und Kommunikation für militärische Zwecke;
– die Stationierung und defensive Nutzung von konventionellen Waffen;
– der Durchflug von Raketen sowie
– ASAT-Waffen, mit Ausnahme von Nuklearwaffen, die im Weltall stationiert werden.

Seit der Kündigung des ABM-Vertrages sind zudem Tests und die Stationierung von Raketenabwehrsystemen mit nicht nuklearen Weltraumkomponenten erlaubt.

Die Defizite des weltraumrechtlichen und des Rüstungskontrollregimes sind vor dem Hintergrund der wachsenden Bedeutung von militärischen Weltraumaktivitäten sowie entsprechender Planungen verschiedener Staaten (und vor allem der USA) mittlerweile deutlich zutage getreten.

1.2 Zentrale rüstungskontrollpolitische Probleme

Hinsichtlich der weiteren Entwicklung des rüstungskontrollrelevanten Weltraumrechts zur Verhinderung einer Aufrüstung im Weltall dürfte die Überwindung der Blockade der Genfer Abrüstungskonferenz (CD) die derzeit dringlichste politische Aufgabe sein. Des Weiteren müssen Definitionsschwierigkeiten in Bezug auf verschiedene weltraumrechtliche Begriffe gelöst werden, da es wichtig ist, Verbotstatbestände bezüglich Technologien, Systemen und Aktivitäten präzise begrifflich zu fassen. Ferner gibt es einen engen Zusammenhang zwischen dem Thema der Raketenabwehr und der Weltraumrüstung, der den politisch-diplomatischen wie auch den wissenschaftlichen Umgang mit der Weltraumrüstungsproblematik erschwert. Seit dem Ende des bipolaren Systemgegensatzes haben sich schließlich auch die Rahmenbedingungen von Weltraumrecht und Rüstungskontrolle sowie die Konstellation der Akteure grundlegend verändert.

1.2.1 Aktuelle Interessengegensätze und Meinungsverschiedenheiten

Die USA ist als einzige verbliebene „Supermacht“ weniger als früher darauf angewiesen, die Positionen und Interessen anderer Staaten zu Themen wie Raketenabwehr und Weltraumaktivitäten zu berücksichtigen. Derzeit fühlt sich die USA hauptsächlich durch „Besorgnis erregende Staaten“ und durch den internationalen Terrorismus bedroht und zwar sowohl auf der Erde als auch hinsichtlich der eigenen Weltrauminfrastruktur, der sie für zivile wie militärische Belange eine überragende Bedeutung zumessen (vgl. Kapitel II). Dieser Entwicklung entspricht ein verringertes Interesse an multilateralen Ansätzen, bei denen es notwendig ist, über längere Zeit zu verhandeln oder größere Abstriche in Bezug auf die eigenen Sicherheitsinteressen zu machen. Bilaterale und unilaterale Vorgehensweisen haben folglich als alternative Handlungsoptionen für die US-Politik an Gewicht gewonnen.

Andere Staaten neigen hingegen dazu, nicht nur die bisher (bi- oder multilateral) erreichten Errungenschaften der Rüstungskontrollpolitik und des Weltraumrechts zu verteidigen, sondern sie befürworten auch neue internationale Vereinbarungen mit dem erklärten Ziel, Rüstungswettläufe zu verhindern. Besonders besorgt über die aktuellen Tendenzen in der USA äußern sich naturgemäß jene Staaten, deren sicherheits- und außenpolitische Interessen in wichtigen Bereichen denen der USA zuwiderlaufen, wie z. B. die Volksrepublik China und Russland. Vor allem diese Staaten – aber auch Verbündete der USA wie Kanada und Frankreich – zeigen sich durch den Bedeutungsverlust rüstungskontrollpolitischer Konzepte der Nachkriegszeit und des Multilateralismus irritiert.

Die Blockade der Genfer Abrüstungskonferenz

Durch die US-Pläne für den Aufbau einer umfassenden Raketenabwehr werden derzeit besonders stark die Beziehungen zwischen der USA und der Volksrepublik China belastet. Das Verhältnis dieser zwei Staaten zueinander besitzt auch für die Thematik der Weltraumrüstungskontrolle aktuell herausragende Bedeutung. Das zeigt sich u. a. darin, dass vor allem aufgrund von ihren Meinungsverschiedenheiten die Genfer Abrüstungskonferenz (CD) seit der zweiten Hälfte der 1990er-Jahre blockiert ist. Diese Blockadesituation hat sich in letzter Zeit noch verfestigt: Während die derzeitige US-Administration betont, dass ihrer Ansicht nach das bestehende Weltraumregime ausreicht, hat China klar gemacht, dass es Verhandlungen in der CD über andere Themen – und insbesondere über ein Verbot der Produktion von spaltbarem Material für Waffenzwecke (FMCT, „Fissile Material Cut-Off“) – von einer Intensivierung der Auseinandersetzung mit dem Problem einer drohenden Rüstungsspirale im Weltraum abhängig macht. Zu diesem Zweck hat China im Mai 2002 mit Russland einen gemeinsamen Vorschlag zur Weltraumrüstungsthematik in der CD vorgestellt. Obwohl die USA die Dringlichkeit der Problematik anzweifelt, hat sie sich dazu bereit erklärt, über die Weltraumrüstungsthematik – und insbesondere über vertrauensbildende Maßnahmen – zu diskutieren, allerdings nicht unter der verbindlichen Zielvorgabe, neue rechtliche Regelungen zu erreichen. China strebt jedoch genau solche verbindlichen und zielgerichteten Verhandlungen an und wird dabei von einer Reihe von Staaten unterstützt, die z. T. eigene Vorschläge dieser Art unterbreitet haben.

Situation auf UN-Ebene

Eine große Mehrheit der UN-Mitglieder warnt vor der Gefahr eines Wettrüstens im All. Die zahlreichen diesbezüglichen Resolutionen der UN-Vollversammlung wurden von fast allen Staaten der Welt unterstützt: Neben der USA haben sich im Jahr 2001 nur Israel, Georgien und Mikronesien der Stimme enthalten, Gegenstimmen gab es keine. In dieser Resolution vom 29. November 2001 zur „Prevention of an arms race in outer space“ (A/RES/55/32; Agenda

Item 73; veröffentlicht am 21. Dezember 2001) heißt es u. a.: „The General Assembly, [...] 2. Reaffirms its recognition, as stated in the report of the Ad Hoc Committee on the Prevention of an Arms Race in Outer Space, that the legal regime applicable to outer space does not in and of itself guarantee the prevention of an arms race in outer space, that the regime plays a significant role in the prevention of an arms race in that environment, that there is a need to consolidate and reinforce that regime and enhance its effectiveness and that it is important to comply strictly with existing agreements, both bilateral and multilateral; 3. Emphasizes the necessity of further measures with appropriate and effective provisions for verification to prevent an arms race in outer space."

Eine sehr aktive Rolle auf UN-Ebene nimmt seit langem Kanada ein, das sich immer wieder gegen Weltraumwaffen ausgesprochen und in diesem Zusammenhang mehrere Initiativen unternommen hat. Dabei betont die kanadische Diplomatie aber auch sehr stark, dass die Forderungen ihres Landes nach einem Weltraumwaffenbann kein versteckter Vorstoß gegen Raketenabwehrpläne oder gar gegen nicht aggressive militärische Aktivitäten im Weltraum seien. Ebenfalls sehr aktiv in Bezug auf die diplomatische Behandlung der Weltraumrüstungsthematik sind Frankreich, Russland, Sri Lanka und Ägypten. Auch Deutschland gehört zu der großen Zahl von Staaten, die vor der Gefahr eines Rüstungswettlaufs im Weltraum warnen.

Einig sind sich die meisten Staaten zudem in ihrer Ablehnung des chinesischen Junktims. Die Einrichtung getrennter Ad-hoc-Komitees zu verschiedenen Themenbereichen der CD einschließlich der Weltraumrüstungsthematik wird fast allgemein befürwortet. Erstes Ziel der rüstungskontrollpolitischen Bemühungen vieler Staaten (einschließlich Deutschlands) für den Weltraum ist es also, wieder ein Ad-hoc-Komitee zur Verhinderung eines Wettrüstens im Weltraum (PAROS) einzurichten.

Die Wahrscheinlichkeit, dass es in Kürze zu konkreten Verhandlungen über neue rechtliche Regulierungen der Weltraumrüstung kommt, ist jedoch angesichts der Haltung der derzeitigen US-Administration eher gering. So heißt es in dem bereits erwähnten Report der „Commission to Assess United States National Security Space Management and Organisation": „To counter U.S. advantages in space, other states and international organizations have sought agreements that would restrict the use of space. For example, nearly every year, the U.N. General Assembly passes a resolution calling for the prevention of an ‚arms race in outer space' by prohibiting all space weapons. Russia and China have proposed to prohibit the use of space for national missile defense. The U.S. should seek to preserve the space weapons regime established by the Outer Space Treaty, particularly the traditional interpretation of the Treaty's ‚peaceful purposes' language to mean that both self-defense and non-aggressive military use of space are allowed. The U.S. should review existing arms control obligations in light of a growing need to extend deterrent capabilities to space." (Space Commission 2001, S. 37 f.)

Die im US-amerikanisch/russischen „Memorandum of Understanding on Notifications of Missile Launches" vom Jahr 2000 vorgesehene Einrichtung eines Notifikationssystems („Pre- and Post-Launch Notification System", PLNS) wird in demselben Report (Space Commission 2001, S. 38) als ein Beispiel für Vereinbarungen genannt, denen gegenüber die USA vorsichtig sein müsste. Solche Abkommen könnten – im Zusammenspiel mit anderen Abkommen – die Handlungsmöglichkeiten der USA unangemessen einengen: „The U.S. must be cautious of agreements intended for one purpose that, when added to a larger web of treaties or regulations, may have the unintended consequence of restricting future activities in space."

Insgesamt sieht die USA weder Defizite im Weltraumrecht noch Bedarf an rüstungskontrollpolitischen Maßnahmen. Andere Themen seien dringlicher. In den Worten des US-Botschafters und Repräsentanten bei der CD Eric M. Javits: „[...] the United States sees no need for new outer space arms control agreements and opposes negotiation of a treaty on outer space arms control. [...] There simply is no problem in outer space for arms control to solve. The problems we all need to address are right here on earth: the need for effective implementation of, and full compliance with, key regimes that tackle the very real threat of weapons of mass destruction [...]". (Javits 2002)

Die derzeitige, sehr skeptische Position der USA zum Ausbau des weltraumbezogenen Rüstungskontrollregimes und die Interessengegensätze zwischen der USA und anderen bedeutenden Weltraummächten stellen derzeit die zentralen Probleme in diesem Bereich dar. Dies hat Einfluss auf die Lösung weiterer Probleme der Weltraumrüstung und ihrer Kontrolle.

1.2.2 Rüstungskontrollrelevante Streitfragen des Weltraumrechts

Einige der zentralen weltraumrechtlichen Streitfragen beschäftigen Diplomatie und Wissenschaft bereits seit geraumer Zeit. Umstritten sind z. B. immer noch die Definition oder Interpretation zahlreicher Schlüsselbegriffe wie „peaceful", „outer space" (in Abgrenzung zu „air space"), „space weapon", „launching state" oder „free access". Letzten Endes ist der Streit um Begriffe im Wesentlichen ein Versuch, sich darüber zu verständigen, welche militärische Optionen bzw. Aktivitäten in den Bereichen Forschung, Entwicklung, Test, Stationierung und Einsatz verboten bzw. erlaubt werden sollen.

„Friedliche" und militärische Nutzung des Weltraums

Der Weltraumvertrag statuiert die Pflicht, die Himmelskörper „exclusively for peaceful purposes" zu nutzen. Diese Formulierung taucht zum ersten Mal in der ersten Resolution der UN General Assembly (1148/VII) zum Weltall am 14. November 1957 auf. Die Auslegung dieses Grundsatzes ist aber seitdem – trotz der nachfolgenden Aufnahme in den Weltraumvertrag – sowohl in der Staatenpraxis als auch im Schrifttum umstritten und bis heute nicht einvernehmlich geklärt.

Ab dem Ende der 1950er-Jahre deuten die USA und andere Staaten den Begriff „peaceful" als Gegensatz zu „aggressive", nicht aber als Gegensatz zu „military". Seitdem hat sich die Position der USA in dieser Hinsicht nicht mehr we-

sentlich verändert. Als Konsequenz dieser Interpretation ist die USA der Ansicht, dass militärische Aktivitäten im Weltraum nicht per se verboten sind, sondern nur dessen aggressive Nutzung. Aktivitäten zur Selbstverteidigung – und damit auch Stationierung und Einsatz von Waffen im Weltraum – seien erlaubt. Dementsprechend heißt es in dem Report der „Commission to Assess United States National Security Space Management and Organisation": „A number of existing principles of international law apply to space activity. Chief among these are the definition of ‚peaceful purposes', the right of self-defense and the effect of hostilities on treaties. The U.S. and most other nations interpret ‚peaceful' to mean ‚non-aggressive'; this comports with customary international law allowing for routine military activities in outer space, as it does on the high seas and in international air space. There is no blanket prohibition in international law on placing or using weapons in space, applying force from space to earth or conducting military operations in and through space." (Space Commission 2001, S. 36 f.)

Die Ansicht, dass der Begriff „peaceful" im Weltraumrecht als Gegensatz zu „military" zu interpretieren sei, wird aber immer noch von einer Reihe von Staaten vertreten und auch von vielen Experten (wie z. B. Cheng 2000 und Vlasic 1995) unterstützt. Zur Begründung wird u. a. verwiesen auf den Sinnzusammenhang des Gebrauchs des Begriffs „peaceful" in der Präambel des Weltraumvertrags sowie in Artikel III der ENMOD-Konvention sowie auf die Tatsache, dass bei einer Interpretation von „friedlich" als „nicht aggressiv" auch alle Massenvernichtungswaffen als „friedlich" gelten müssten, solange sie nicht für aggressive Zwecke eingesetzt werden.

Angesichts der Meinungsverschiedenheiten über den Begriff „peaceful" im weltraumrechtlichen Kontext wird in der wissenschaftlichen Diskussion gelegentlich gefordert (vgl. z. B. Vlasic 1995), in künftigen Vereinbarungen ganz auf ihn zu verzichten.

Hinsichtlich zukünftiger rechtlicher Entwicklungen wird aber auch vorgeschlagen, den Begriff „peaceful" des Weltraumvertrags für alle Weltraumobjekte zu verwenden, die nicht offensiven Zwecken dienen. Demnach würden dann neben zivilen Weltraumobjekten auch alle militärischen Objekte, die nicht als Weltraumwaffen („shooters") konzipiert sind, „friedlichen Zwecken" dienen. Die rüstungskontrollpolitischen Aktivitäten müssten sich dann darauf konzentrieren, die Stationierung von Waffen im Weltraum zu verhindern. Zu diesem Zweck hat sich in den internationalen Diskussionen der Kunstbegriff der „weaponization" eingebürgert, durch dessen Verwendung der Begriff „Militarisierung" vermieden werden kann. Ein solcher Ansatz zieht allerdings die Frage nach der Definition des Begriffs „Weltraumwaffe" nach sich.

Aspekte der Definition von „Weltraumwaffe"

In den Diskussionen des Ad-hoc-Komitees der CD zur Verhinderung eines Wettrüstens im Weltraum (PAROS) von 1985 bis 1994 wurde deutlich, dass keine Einigkeit darüber besteht, ob sich der Begriff „Waffe" im weltraumrechtlichen Kontext sinnvoll definieren lässt (Vlasic 1995). Vor allem westliche Staaten bezweifeln, u. a. aufgrund der „Dual-Use"-Problematik, dass eine trennscharfe Definition möglich ist. In diesen Diskussionen, aber auch in einer Reihe neuerer Vorschläge, wurde dennoch versucht, möglichst präzise den Regulierungsgegenstand „Weltraumwaffe" zu fassen. Die vorgelegten Definitionen enthalten deshalb Charakterisierungen der zu regulierenden Systeme hinsichtlich ihres Stationierungsortes, ihrer Ziele und der mit ihnen angestrebten Wirkungen. Im Folgenden werden zunächst anhand einiger ausgewählter Beispiele diese verschiedenen Aspekte von „Weltraumwaffen" vorgestellt. Anschließend wird auf das Problem der Definition von „Waffe" im Weltraumkontext eingegangen.

Eine Expertengruppe des United Nations Institute for Disarmament Research (UNIDIR) schlug folgende umfassende Definition einer „Weltraumwaffe" vor: „A space weapon is a device stationed in outer space (including the Moon and other celestial bodies) or in the earth environment designed to destroy, damage or otherwise interfere with the normal functioning of an object or being in outer space, or a device stationed in outer space designed to destroy, damage or otherwise interfere with the normal functioning of an object or being in the earth environment. Any other device with the inherent capability to be used as defined above will be considered as a space weapon." (Jasani 1991, S. 13, zitiert nach: Vlasic 1995, S. 386)

Diese Definition präzisiert die Stationierungsorte, bezeichnet die angestrebte Wirkung der Waffen und nennt die Zielorte bzw. Zielobjekte. Sie ist eine umfassende Definition in dem Sinne, dass alle Waffen, die ins Weltall hinein, in diesem oder aus diesem auf die Erde wirken können, berücksichtigt werden. Andere, weniger weitreichende Vorschläge konzentrieren sich entweder auf Waffen mit Weltraumzielen oder auf solche, die im Weltall stationiert sind. So lautet ein Definitionsvorschlag der Volksrepublik China, Bulgariens, Ungarns und Sri Lankas für das Ad-hoc-Komitee: „„… any device or installation based entirely or partially on land, sea, in the air and/or in outer space which is specifically designed and intended to destroy, damage or interfere with the normal functioning of space objects." (Alves 1991, S. 18, zitiert nach: Vlasic 1995, S. 386)

Anders als der Vorschlag der UNIDIR-Expertengruppe beschränkt sich dieser Definitionsvorschlag also auf terrestrische und weltraumbasierte Waffen, die ausschließlich für den Einsatz gegen Ziele im Weltraum („space objects") entwickelt werden. Zu den Weltraumwaffen zählen demnach keine weltraumbasierten Waffen, die ausschließlich gegen terrestrische Ziele eingesetzt werden. Ausgeschlossen sind auch terrestrische Waffen mit inhärenten ASAT-Kapazitäten, soweit diese Waffen primär anderen Zwecken dienen als der Beeinträchtigung oder Zerstörung von Weltraumobjekten (wie z. B. eine luftgestützte Laserwaffe zur Bekämpfung von ballistischen Raketen).

Eine andere Ausrichtung haben Definitionsvorschläge, bei denen unter „Weltraumwaffen" lediglich Waffen verstanden werden, die im Weltraum stationiert sind oder werden sollen, gleich welches Ziel sie bekämpfen. So versteht das französische Verteidigungsministerium unter einer „Weltraumwaffe": „any satellite or space object in orbit around the earth or any other celestial body which

has at least one active function capable, by direct action, of destroying, seriously damaging or intentionally interfering with the operation of any device located on earth or above the earth within atmosphere or in outer space.“ (White 2002, S. 28)

Während also der Vorschlag der UNIDIR-Expertengruppe „Weltraumwaffe“ umfassend definiert und der gemeinsame Vorschlag Chinas und anderer Staaten den Begriff auf Waffen mit Weltraumzielen begrenzt, konzentriert sich der französische Vorschlag auf den Stationierungsort, mithin auf Waffen, die sich dauerhaft im Weltall befinden.

Die Gleichsetzung von „Weltraumwaffen“ mit weltraumbasierten Systemen, die einem aggressiven Zweck dienen, hat im Verlauf der Debatten als pragmatische Position eine gewisse Bedeutung erlangt. Auch Kanada nimmt diese Position ein und bezeichnet dabei eine Waffe als „weltraumbasiert“, sobald sie eine Umlaufbahn abgeschlossen hat oder an einem festen Ort im Weltraum stationiert wird oder werden soll (Westdal 2001). Damit sind boden-, see- und luftgestützte Waffensysteme zur direkten Bekämpfung von ballistischen Raketen ebenso nicht erfasst wie solche zur Bekämpfung von Satelliten. Durch die Zugrundelegung eines so definierten Begriffs von „Waffe“ als Regulierungsgegenstand wird auch klar gemacht, dass „passive“ weltraumbasierte Komponenten eines Gesamtsystems (wie die Sensoren und Leitsysteme einer terrestrischen Raketenabwehr) von der Regelung ausgenommen sind.

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass bei der Definition von „Weltraumwaffe“ zwei Kategorien von herausragender Bedeutung sind, nämlich der Stationierungsort (bzw. der Ort der Kampfhandlung) und die Zielausrichtung der Waffen. Zu diesen zwei Kategorien können weitere hinzutreten wie z. B. Angriffsmechanismen bzw. Art der Technologie, Waffeneffekte (Art, Schwere, Dauer) oder der potenzielle Nutzen in offensiven und defensiven Szenarios (Mueller 2002). Weitere Präzisierung ist in Bezug auf die Ziele der Beeinträchtigung oder Zerstörung (Gegenstände oder Lebewesen) möglich.

Mit Definitionen, die den Charakter von „Waffe“ durch den intendierten Wirkungsmechanismus bestimmen, wird der „Dual-Use“-Problematik Rechnung getragen: „Waffen“ werden so von Objekten der zivilen Raumfahrt abgegrenzt, die zwar beeinträchtigend oder zerstörerisch wirken können, aber nicht primär zu diesem Zweck konzipiert und gebaut wurden. So charakterisiert ein Vorschlag Kanadas in der CD „Waffe“ als „any device or component of a system designed to inflict physical harm through deposition of mass and/or energy on any other object“ (CD/1569, 4. Februar 1999).

Als „Waffe“ definieren (und damit von anderen Objekten abgrenzen) lässt sich also jede Vorrichtung, die speziell zu dem Zweck geplant, entwickelt und konstruiert wurde, Ziele funktionsunfähig zu machen oder in ihren operationalen Fähigkeiten stark einzuschränken.

1.3 Politische Positionen und Initiativen zur Regulierung

Die Wiedereinsetzung eines Ad-hoc-Komitees zur Verhinderung eines Wettrüstens im Weltraum bei der Genfer Abrüstungskonferenz ist das erste Ziel der weltraumrüstungskontrollpolitischen diplomatischen Bemühungen zahlreicher Staaten. Die eigentliche Schwierigkeit auf dem Weg dahin resultiert weniger aus Sachproblemen als vielmehr aus Veränderungen der politischen Rahmenbedingungen von Weltraumrüstungskontrolle: „Historically, arms control regimes have reflected existing power relationships. Cold war arms control agreements between the superpowers were agreements between equals, as were many multilateral agreements. Some other arms control regimes, notably those in the non-proliferation area, have encompassed restrictions on the weak by the powerful. The annals of arms control are devoid of precedent for a regime imposed on the strong by the weak, as is proposed under PAROS.“ (Pike 2002, S. 647)

Positionen und Aktivitäten der USA geben derzeit tatsächlich wenig Anlass, auf Fortschritte bei der Weltraumrüstungskontrolle durch Initiativen der führenden Weltraummacht zu hoffen. Trotz der erkennbaren Widerstände unternehmen aber andere Staaten Versuche, die Problematik anzugehen. Im Folgenden werden zunächst Positionen und Initiativen der Volksrepublik China, Russlands sowie Kanadas vorgestellt. Anschließend wird kurz auf Positionen und Aktivitäten der EU, Frankreichs und Deutschlands eingegangen und ein Vergleich verschiedener Regulierungsvorschläge vorgenommen.

Volksrepublik China

China räumt nach eigenem Bekunden der Verhinderung eines Wettrüstens im Weltraum hohe Priorität ein. Es hat aber die Behandlung dieses Themas in der CD an die Verhandlungen über einen „Fissile Material Cutoff“ und andere Themen gekoppelt. Dieses Junktim trug dazu bei, die CD insgesamt zu blockieren, das von vielen Staaten gewünschte neue Ad-hoc-Komitee zur Verhinderung eines Wettrüstens im Weltraum konnte noch nicht eingerichtet werden.

Im Juni 2001 legte Hu Xiaodi, Botschafter der Ständigen Vertretung Chinas bei der CD, dort ein Arbeitspapier unter dem Titel „Possible Elements of the Future International Legal Instrument on the Prevention of the Weaponization of Outer Space“ (CD/1645, 7. Juni 2001) vor. Das Dokument präsentiert den Entwurf eines „Treaty on the Prevention of the Weaponization of Outer Space“ und macht u. a. Vorschläge zu vertraglichen Verpflichtungen, Begriffsbestimmungen, Maßnahmen zur Umsetzung und Vertrauensbildung, zur Notwendigkeit der Überprüfung und zur Einrichtung einer Vertragsorganisation.

Konkret werden die folgenden grundlegenden Verpflichtungen bezüglich verschiedener Systeme in unterschiedlichen Stationierungsmodi genannt:

- „Not to test, deploy or use in outer space any weapons, weapon systems or their components.“
- „Not to test, deploy or use on land, in sea or atmosphere any weapons, weapon systems or their components that can be used for war-fighting in outer space.“
- „Not to use any objects launched into orbit to directly participate in combatant activities.“

– „Not to assist or encourage other countries, regions, international organizations or entities to participate in activities prohibited by this legal instrument.“

Russland

Russland spricht sich seit langem für ein Weltraumwaffenverbot aus. In einer Rede vor der UN-Generalversammlung vom 26. September 2001 (Russland 2001) erläuterte Außenminister Igor Ivanov die aktuelle russische Position zur Weltraumwaffenfrage. Ein Weltraumwaffenbann und die ausschließlich friedliche Nutzung des Weltraums wären demnach für Russland wichtige Beiträge zur Sicherung der strategischen Stabilität. Russland lädt die Weltgemeinschaft ein, ein umfassendes Abkommen über die Nichtstationierung von Weltraumwaffen und den Gewaltverzicht gegen Weltraumobjekte auszuhandeln. Dies könnte nach Auffassung Ivanovs vor allem folgende Verpflichtungen umfassen:

– „an obligation not to place in the orbit around the Earth any objects carrying any kinds of weapons, not to install such weapons on celestial bodies or station such weapons in outer space in any other manner;

– an obligation not to use or threaten to use force against space objects;

– a provision establishing a verification mechanism overseeing the implementation of the agreement on the basis of confidence-building measures and transparency in outer-space matters.“

Als erster praktischer Schritt zur Vorbereitung eines Abkommens wird ein Moratorium über die Stationierung von Weltraumwaffen vorgeschlagen. Russland würde eine solche Verpflichtung eingehen, allerdings nur unter der Voraussetzung, dass sich die anderen führenden Weltraummächte beteiligen.

Der gemeinsame Vorschlag Chinas und Russlands

Am 27. Juni 2002 haben die Volksrepublik China und Russland, unterstützt von Vietnam, Belarus, Indonesien, Simbabwe und Syrien, der CD einen gemeinsamen Vorschlag vorgelegt (China und Russland 2002). Er enthält drei Kernelemente einer möglichen zukünftigen rechtlichen Regulierung von Weltraumwaffen:

– „Not to place in orbit around the Earth any objects carrying any kinds of weapons, nor to install such weapons on celestial bodies, or not to station such weapons in outer space in any other manner.“

– „Not to resort to the threat or use of force against outer space objects.“

– „Not to assist or encourage other States, groups of States, international organizations to participate in activities prohibited by this treaty.“

Bemerkenswert ist die Tatsache, dass der gemeinsame Vorschlag weitgehend mit dem älteren russischen Vorschlag übereinstimmt.

Folgende Unterschiede zum rein chinesischen Vorschlag sind erwähnenswert:

– Es entfallen die Forderung nach einem umfassenden, auch Boden, See und den Luftraum einbeziehenden Testverbot von Waffen, Waffensystemen und ihren Komponenten, die für die Kriegführung im All eingesetzt werden können, sowie das Verbot des Einsatzes in den Weltraum gestarteter Objekte in Kampfhandlungen.

– Der angestrebte Vertrag soll nicht mehr „Treaty on the Prevention of the Weaponization of Outer Space“ heißen, sondern „Treaty on the Prevention of the Deployment of Weapons in Outer Space, the Threat or Use of Force Against Outer Space Objects“.

– Der gemeinsame Vorschlag enthält keine Definitionen von Schlüsselbegriffen.

Angesichts des Fehlens einer Definition von „Weltraumwaffe“ in diesem Vorschlag ist von Interesse, was ein mit der Thematik bei der CD in Genf befasster chinesischer Diplomat hinsichtlich der Zielrichtung des Vorschlags ausführt: „… all kinds of space-based weapons [...] will be banned: weapons of mass destruction, conventional weapons and new concept weapons (such as lasers, neutral particle beams and directed energy weapons, etc.), the kill mechanism of which is based on other physical principles than the kinetic energy kill mechanism used by conventional weapons. ‚Space-based weapons' may include those weapons which can be used to attack Earth-based or other space-based objects, such as space strike weapons [...], orbital bombardment systems [...], orbit anti-satellite [...] weapons, ballistic missile defense weapons based in outer space.“ (Zhigang 2002, S. 39)

Kanada

Kanada nimmt seit längerer Zeit eine besonders aktive diplomatische Rolle in der Auseinandersetzung mit dem Thema der Weltraumrüstung ein. Unter anderem schlug das Land 1999 in der CD vor, dass ein Ad-hoc-Komitee eingerichtet wird mit dem Mandat, eine Konvention zur „non-weaponization“ des Weltraums (CD/1569, 4. Februar 1999) auszuhandeln.

Kanada spricht sich für ein Verbot („ban“) der Entwicklung, des Testens, der Stationierung und des Einsatzes aller weltraumbasierten Waffen aus, gleich welcher Zielrichtung. Nach der kanadischen Auffassung lässt sich in diesem Kontext von einer „Waffe“ sprechen, wenn ein System oder ein Objekt dazu konstruiert ist, physischen Schaden durch Masse oder Energie zu bewirken. Eine Waffe solle dann als „weltraumbasiert“ („space-based“) gelten, sobald sie eine Umlaufbahn abgeschlossen hat oder wenn sie einen festen Ort im Weltraum hat bzw. haben soll. Nur weltraumbasierte Waffen in diesem Sinn will Kanada gebannt wissen.

Damit wären alle Waffen erlaubt, die den Weltraum nur passieren, also u. a. ballistische Raketen, FOBS, Abfangflugkörper gegen angreifende ballistische Raketen, aber auch direkt aufsteigende ASAT-Waffen. Kanada schlägt vor (Westdal 2001), zu einem späteren Zeitpunkt auch Tests von Abfangflugkörpern und ASAT-Kapazitäten zu regulieren. Die Zielsetzung besteht also darin, zunächst

weltraumbasierte Waffen zu ächten und im Anschluss daran die erreichten Vereinbarungen um ein Test- und Nutzungsverbot für terrestrische ASAT-Waffen sowie für die ASAT-Fähigkeiten anderer Waffen und Waffensysteme zu erweitern.

Kanada und Russland haben in einer gemeinsamen Erklärung vom 18. Dezember 2000 festgestellt, dass sie ihre enge Kooperation in Bezug auf die Verhinderung eines Wettrüstens im Weltraum fortsetzen werden, sowohl hinsichtlich der Moskauer Konferenz zu diesem Thema im Frühjahr 2001 als auch hinsichtlich der Bemühungen um die Wiedereinrichtung eines Ad-hoc-Komitees zu PAROS in der CD.

EU, Frankreich und Deutschland

Kanada hat sich zudem auch in einer gemeinsamen Erklärung mit der EU im Juni 2001 dafür ausgesprochen, wieder ein Ad-hoc-Komitee zu PAROS in der CD einzurichten. Die EU ist nach Auskunft ihres (hinsichtlich dieser Thematik besonders aktiven) Mitglieds Frankreich dazu bereit, über einen Vertrag zur Verhinderung eines Wettrüstens im Weltraum zu diskutieren, nicht jedoch sofort zu verhandeln. In COPUOS erfolgte 1998 ein gemeinsamer europäischer Vorschlag zur Stärkung des Registrierungsübereinkommens.[8] Frankreich hatte bereits Mitte der 1980er-Jahre in der CD ein Verbot von Weltraumwaffen und insbesondere von ASAT-Waffen vorgeschlagen. Von 1989 bis 1993 sprach es sich u. a. dafür aus, das Registrierungsübereinkommen auszubauen, Sicherheitsabstände und -zonen einzuführen und die US-amerikanisch/russischen Vereinbarungen zur Nichtbeeinträchtigung nationaler technischer Mittel der Verifikation zu multilateralisieren. Zudem setzte sich das französische Verteidigungsministerium im Jahr 2000 für einen umfassenden und international zu verifizierenden Vertrag ein, um Waffen im Weltraum zu verbieten (vgl. White 2000). Deutschland äußerte sich in der CD mehrmals besorgt über die Gefahr eines Wettrüstens im Weltall und fordert zudem, dass die Themen „Fissile Material Cut-Off“, nukleare Abrüstung und Weltraum unabhängig voneinander verhandelt werden. 1991 machte Deutschland ausführliche Vorschläge für Vertrauens- und Sicherheitsbildende Maßnahmen für den Weltraum. Schwerpunkte waren dabei u. a. die Erweiterung der Registrierungs- und Notifizierungsverfahren, Regelungen für Bahnverhalten im Weltraum („Rules of the Road“) sowie Überwachungsmaßnahmen. Um wieder Bewegung in die festgefahrenen Verhandlungen zu bringen, hat Deutschland im Jahr 2001 – gemeinsam mit anderen Staaten – dafür geworben, mit der Erörterung nicht kontroverser Themen zu beginnen und gleichzeitig intensive Konsultationen zu den zentralen Themen (einschließlich des Themas „Weltraumbewaffnung“) zu führen. In der Koalitionsvereinbarung von SPD und Bündnis 90/Die Grünen vom 16. Oktober 2002 heißt es zu der CD und der Thematik der Weltraumrüstungskontrolle, dass sich die Bundesregierung „nachdrücklich für eine Überwindung des Stillstands in der Abrüstungskonferenz und die umgehende Aufnahme von Verhandlungen über ein Verbot der Produktion von spaltbarem Material für Waffenzwecke einsetzen“ und für „Verhandlungen zum Verbot der Stationierung von Waffen im Weltraum“ (SPD, Bündnis 90/Die Grünen 2002, S. 77) eintreten wird.

[8] Siehe dazu und zu den nachfolgend erwähnten Vorschlägen Scheffran 2002, S. 161 ff.

Regulierungsvorschläge im Vergleich – ein Fazit

Die vorgestellten und in Tabelle 10 zusammengefassten Vorschläge zeigen, dass bei wichtigen Weltraummächten (und insbesondere bei China) eine Abkehr von rüstungskontrollpolitischen Maximalkonzepten stattgefunden hat. Eine umfassende Regulierung aller weltraumrelevanten Waffensysteme wird nicht mehr angestrebt.

Faktisch nimmt China dadurch, in Kooperation mit Russland, stärker Rücksicht auf die US-amerikanische Position, setzt also auf Kompromisslösungen. Forderungen, deren Erfüllung nicht nur die Stationierung von Waffen („weaponization“) im Weltraum, sondern auch eine Raketenabwehr mit Weltraumkomponenten verhindern würde, werden von China und Russland nicht mehr dezidiert vertreten, möglicherweise auch aufgrund eigener Interessen an einer Raketenabwehr.[9]

Die chinesisch-russische Position stellt mithin die Regulierung weltraumbasierter Waffen durch ein Stationierungsverbot in den Mittelpunkt. Sie enthält dementsprechend keine Forderung nach Testverboten mehr. Terrestrische Waffen, die in den Weltraum hineinwirken können, sollen nicht reguliert werden, sie unterliegen lediglich einem allgemeinen Verbot der Androhung und Anwendung von Gewalt. Es bleibt also die Möglichkeit, weltraumbasierte Waffen zu entwickeln, zu testen und zur Einsatzreife zu bringen. Terrestrische Waffensysteme können darüber hinaus auch stationiert werden, wenn man unterstellt, dass Stationierung keine Gewaltandrohung ist. Alle Waffensysteme jeder Wirkungsart (Laser, HPM, Kinetische Energie) auf der Erde, auf See und in der Luft könnten weiterhin entwickelt, getestet und wohl auch stationiert werden. Entwicklungsprogramme für weltraumbasierte Waffensysteme könnten fortgeführt und neu aufgelegt werden, Tests bleiben erlaubt, die Systeme dürfen aber nicht stationiert werden. Des Weiteren wäre die Stationierung einer Raketenabwehr mit Weltraumkomponenten möglich, vorausgesetzt diese Komponenten sind selbst keine Waffen (sondern z. B. Sensoren).

Mit der Konzentration auf weltraumbasierte Waffen hat sich die chinesische Position auch den Positionen Kanadas und Frankreichs angenähert, welche ebenfalls vorrangig die „weaponization“ des Weltraums verhindern wollen. Die Regulierung von weltraumbasierten Waffensystemen hat sich also zum Kernpunkt wichtiger Initiativen zur Rüstungskontrolle im Weltraum entwickelt.

[9] Russlands Außenminister soll nach Pressemeldungen am 15. Januar 2003 erklärt haben, dass sein Land definitiv neue Systeme zur Raketenabwehr und Weltraumverteidigung entwickeln werde.

Tabelle 10

Verbotstatbestände bei unterschiedlichen Waffen in verschiedenen Regulierungsvorschlägen

Vorschlag	E2S	S2S	S2E
China 2001	Test, Stationierung, Einsatz	Test, Stationierung, Einsatz	Test, Stationierung, Einsatz
Russland 2001	Gewaltandrohung und -anwendung	Stationierung	Stationierung
China und Russland 2002	Gewaltandrohung und -anwendung	Stationierung	Stationierung
Kanada	kein Verbot	Entwicklung, Test, Stationierung, Einsatz	Entwicklung, Test, Stationierung, Einsatz

E2S: „earth-to-space"; S2S: „space-to-space"; S2E: „space-to-earth"
Quelle: eigene Darstellung

2. Optionen und Perspektiven einer Kontrolle der Weltraumrüstung

Trotz der in den aktuellen Diskussionen festzustellenden Tendenz zu begrenzten Regulierungsansätzen bei Weltraumwaffen wird im Folgenden zunächst versucht, die Gesamtheit möglicher Regulierungsansätze grob zu systematisieren. Ein solcher Überblick ist nicht nur angezeigt, weil neben der Regulierung von Waffen im Weltall auch andere Regulierungsgegenstände (wie vor allem die ASAT-Problematik) von Relevanz sind. Eine Ausweitung der Perspektive empfiehlt sich auch deshalb, weil bei einer Konzentration auf weltraumbasierte Waffen jene Regulierungsansätze aus dem Blickfeld gerieten, die zwar nicht die Schaffung von Verbotstatbeständen für Waffen anstreben – sondern z. B. lediglich mehr Transparenz von Weltraumaktivitäten –, die dadurch aber auch bessere Realisierungschancen haben dürften. Zudem sprechen sich weiterhin viele Experten und zahlreiche Staaten für eine umfassende Regulierung militärischer Weltraumaktivitäten aus, auch die Forderung nach einer vollständigen Entmilitarisierung des Weltraums ist nicht aus den internationalen Diskussionen verschwunden.

2.1 Regulierungsoptionen

Die Vielzahl möglicher Regulierungsansätze lässt sich grob in zwei Gruppen einteilen: Schaffung von Verbotstatbeständen für (Weltraum-)Waffen sowie Vertrauens- und Sicherheitsbildende Maßnahmen (VSBM) für den Weltraum.

Die Regulierungsformen von Waffen unterscheiden sich u. a. danach, welche Waffenarten bzw. Einsatzformen, Stationierungsmodi und Entwicklungsphasen geregelt werden sollen. Als VSBM gelten für gewöhnlich Bestimmungen über den Austausch und die Überprüfung von Informationen, die die Streitkräfte und militärischen Aktivitäten von Staaten betreffen ebenso wie bestimmte Mechanismen, die die zwischenstaatliche Kooperation im militärischen Bereich fördern. Ziel dieser Maßnahmen ist es, gegenseitiges Vertrauen aufzubauen und Besorgnisse über militärische Aktivitäten zu zerstreuen, indem zu Offenheit und Transparenz ermutigt wird.[10] Im Kontext der Diskussionen über Weltraumsicherheit wird das Konzept der VSBM jedoch in der Regel weiter gefasst. Sie werden dort beispielsweise unterteilt in Maßnahmen zur Erhöhung der Transparenz von Weltraumaktivitäten, zur Prävention von aggressiven Handlungen sowie Unfällen und schließlich zur Förderung der Kooperation in der zivilen Raumfahrt (Alves 1995, S. 2 f.).

Neben der Schaffung von Verbotstatbeständen für Waffen und VSBM existieren verschiedene weitere Handlungsmöglichkeiten wie z. B. einseitige Verzichtserklärungen einzelner oder mehrerer Staaten in Bezug auf Weltraumwaffen, Bemühungen um eine intensivere Auseinandersetzung mit Schlüsselproblemen der Weltraumsicherheit auf UN-Ebene, eine Initiative zur Klärung des rechtlichen Status bestimmter „exotischer" Waffensysteme und die Multilateralisierung des (im US-amerikanisch/russischen SALT-I-Vertrag festgelegten) Verbots der Beeinträchtigung nationaler technischer Mittel (NTM) der Verifikation und insbesondere der entsprechenden Satelliten.

2.1.1 Kooperative Ordnung gemeinsamer Sicherheit im Weltraum als Leitbild

Nach vorherrschender Meinung hat der Weltraum den Status eines „Gemeinsamen Erbes der Menschheit" (Scheffran 2002). Dadurch sowie durch das Aneignungsverbot in Bezug auf die Himmelskörper und das ausdrückliche Kooperationsgebot sowie Rücksichtnahmegebot in den Artikel IX und X WRV existieren Ansatzpunkte für eine kooperative Ordnung gemeinsamer Sicherheit im Weltall (Scheffran 2002).

Die Voraussetzungen einer solchen Ordnung könnte ein integrierter Ansatz präventiver Rüstungskontrolle schaffen, mit dem alle weltraumrelevanten Waffensysteme reguliert

[10] Das Konzept der VSBM hat seine Wurzeln in den 1970er-Jahren. In der Schlussakte von Helsinki war noch lediglich von Vertrauensbildenden Maßnahmen (VBM) die Rede, seitdem erfolgte eine Erweiterung des Konzepts, was sich u. a. in der neuen Bezeichnung niedergeschlagen hat. Zur politischen Bedeutung der Begriffe „VSBM" und „VBM" vgl. Alves 1995, S. 2 ff.

und VSBM für den Weltraum vereinbart werden. Zudem müssten angrenzende rüstungskontrollpolitische Probleme (wie die Proliferation von Raketen und die Regulierung von Raketenabwehrsystemen) berücksichtigt werden. Durch deren Einbeziehung käme man den sicherheitspolitischen Interessen der USA und anderer militärisch starker Weltraummächte entgegen, insbesondere was deren Sorgen in Bezug auf die Sicherheit ihrer Weltraumsysteme betrifft.

Ein umfassendes Sicherheits- und Rüstungskontrollkonzept für den Weltraum würde voraussichtlich sowohl durch zahlreiche NGOs als auch von vielen Mitgliedern der Staatengemeinschaft unterstützt. Dies gilt in besonderem Maße für solche Länder, die sich (obwohl selbst noch nicht oder kaum im Weltraum aktiv) von der zivilen Nutzung des Weltraums viel versprechen, eine militärische Aufrüstung aber als Verschwendung von Ressourcen betrachten. Eine kooperative Ordnung gemeinsamer Sicherheit im Weltall könnte aber auch ein erstrebenswertes Ziel für jene Staaten sein, die zwar in der zivilen, nicht aber in der militärischen Nutzung des Weltraums sehr aktiv sind.

Ein geeigneter Ausgangspunkt für Verhandlungen über eine weitreichende Lösung wären z. B. die Kernelemente des „Vertragsentwurfs zur Begrenzung der militärischen Nutzung des Weltraums“, der 1984 von deutschen Wissenschaftlern vorgestellt und vor kurzem aktualisiert wurde (vgl.: Anhang 7). Verboten werden sollen danach sowohl Waffen gegen Weltraumobjekte als auch weltraumgestützte Waffen gegen beliebige Ziele, einschließlich Entwicklung, Test und Stationierung. Stabilisierende Funktionen von Satelliten (z. B. als Mittel zur Verifikation von Rüstungskontrollvereinbarungen) sollen durch das angestrebte Rüstungskontrollregime nicht eingeschränkt werden.

2.1.2 Verbotstatbestände für Weltraumwaffen

Die verschiedenen Vorschläge zur Verhinderung einer „weaponization“ des Weltraums zeigen, dass es wichtig ist, zu regulierende Systeme und Aktivitäten so präzise wie möglich zu fassen. Dazu sind vor allem der Stationierungsort der Waffen und ihre Zielausrichtung zu berücksichtigen. Zu unterscheiden sind dann zumindest „earth-to-space“-, „space-to-space“- und „space-to-earth“-Einsatzformen.

Eine zusätzliche Differenzierung in Bezug auf terrestrische Stationierungsorte eröffnet die Nutzung der Kategorien „Boden“, „Luft“ sowie „See“[11] und in Bezug auf den Waffeneinsatz im Weltraum die Nutzung der Kategorien „direct ascent“, „suborbital“, „launch on demand“ sowie „long-term orbital“ (Mueller 2002) bzw. „space-based“. Mithilfe der letztgenannten Kategorien lassen sich unterscheiden[12]:

– Waffen, die ständig im Weltraum stationiert sind, von Waffen, die mittels verschiedener Aufstiegsverfahren erst an den Ort des geplanten Einsatzes verbracht werden;

– Ziele, die sich länger im Weltraum bewegen oder permanent im Weltraum stationiert sind, von Zielen, die den Weltraum nur passieren (wie vor allem ICBMs), sowie

– die verschiedenen Zonen, innerhalb derer der Einsatz von Waffen im Weltraum vorgesehen ist.

Weitere Möglichkeiten der Differenzierung und Präzisierung von Verbotstatbeständen oder Erlaubnisvorbehalten ergeben sich aus dem Entwicklungsprozess eines Waffensystems. Dieser Prozess lässt sich in sechs Phasen unterteilen (Scheffran 2002): Forschung, Entwicklung, Test, Produktion, Stationierung und Einsatz. Unter Forschung fallen dabei alle Aktivitäten, die naturwissenschaftliche Prinzipien untersuchen, die für eine Waffenentwicklung von Bedeutung sein können. In der Entwicklungsphase werden bereits Prototypen von Waffensystemen hergestellt und auf ihre Wirkungsweise untersucht. Beim Test werden Prototypen oder bereits fertige Waffensysteme unter Einsatzbedingungen erprobt und je nach Erfolg oder Versagen entsprechend modifiziert. Ist die Einsatzfähigkeit gegeben, wird das Waffensystem produziert und stationiert, d. h. an einem dafür geeigneten Ort für den Einsatz in dem dafür vorgesehenen Medium stationiert. Rüstungskontrolle kann grundsätzlich auf allen Stufen ansetzen, wobei eine Regelung umso wirkungsvoller ist, je früher sie einsetzt. Spätere Stufen – insbesondere Test, Produktion, Stationierung und Einsatz – sind aber leichter zu verifizieren. Testbeschränkungen kommt eine besondere Bedeutung zu. Sie eröffnen zwar Raum für Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten. Diese verlieren aber an Attraktivität, weil die Möglichkeit verbaut ist, die entwickelten Systeme in Tests zu überprüfen. Indirekt bremsende Auswirkungen auf Forschung und Entwicklung sind daher wahrscheinlich.

Unter Berücksichtigung der genannten Differenzierungen lassen sich u. a. folgende Kategorien von Verboten und Einschränkungen unterscheiden:

– Regulierung weltraumbasierter Waffen. Als „weltraumbasiert“ können Waffen gelten, die eine Umlaufbahn abgeschlossen haben oder eine feste Position im Weltraum einnehmen oder einnehmen sollen. Ein umfassendes Verbot, das ein Entwicklungsverbot für solche Waffen einschließen würde, brächte allerdings erhebliche Verifikationsprobleme auf dieser Stufe mit sich.[13] Alternativ könnte lediglich die Stationierung solcher Waffen im Weltraum verboten werden. Ein Stationierungsverbot für Waffen im Weltraum liegt im Interesse vieler Mitglieder der Staatengemeinschaft, einschließlich dessen bedeutender Weltraummächte.

– Regulierung von ASAT-Waffen. Entsprechende Regelungen beträfen Waffen, die speziell und ausschließlich zu ASAT-Zwecken dienen. Hier stellt sich die Frage, ob eine Verständigung über die Frage der „zweckentfremdeten“ Nutzung von Systemen zu ASAT-Zwecken („implizite ASAT-Kapazitäten“) möglich ist. Die Regulierung der

[11] Bei diesen Unterteilungen darf allerdings nicht außer Acht gelassen werden, dass die terrestrische Infrastruktur für Weltraumaktivitäten auch vom Boden aus, aus der Luft oder von der See her angegriffen werden kann, wodurch die Funktionsfähigkeit von Weltraumobjekten indirekt geschädigt würde. Dies gilt insbesondere für die „Command, Control and Space Surveillance“-Systeme, die wesentlich für den effizienten Betrieb von Satelliten und Raketen sind. Hier dürfte auch das größte Gefährdungspotenzial der Weltrauminfrastruktur durch Terrorismus liegen.

[12] Satellitennavigierte Präzisionswaffen und Cruise Missiles werden bei diesen Unterscheidungen allerdings nicht erfasst.

[13] Für eine ausführliche Diskussion der Verifikationsproblematik siehe Scheffran 2002, S. 103 ff.

Nutzung wieder verwendbarer Raumtransporter mit Robotergreifarmen, von anderen Weltraumobjekten (wie Inspektions- und Wartungssatelliten) oder von terrestrischen Waffen (wie luftgestützte Laserwaffen oder Lenkflugkörper gegen ICBM) aufgrund ihrer impliziten ASAT-Fähigkeiten stellt auf jeden Fall hohe Ansprüche an die Verifikation von Rüstungskontrollregelungen (s. a. Anhang 6). Eine Option wäre auch ein Verbot des Testens von ASAT-Systemen und der Beeinträchtigung fremder Weltraumobjekte. Die Verpflichtung, keine in fremdem Besitz befindlichen Weltraumobjekte zu zerstören, zu beschädigen, in ihren Funktionen zu stören oder ihre Flugbahn zu ändern, ließe sich mit einem Testverbot verbinden, das auch jeden Test von anderen Systemen in einem ASAT-Modus untersagt. Die Erprobung und Stationierung von ASAT-Waffen lassen sich nur schwer verheimlichen, was die Verifikation erleichtern würde.

– Regulierung „exotischer“ Waffen. Bei der Regulierung solcher Waffen, die wie Laser- und Teilchenstrahlenwaffen „auf anderen physikalischen Prinzipien“ (als KE- oder Explosivwaffen) beruhen, stellt sich die Frage nach deren rechtlicher Einschätzung. Zu deren Klärung wird von Experten vorgeschlagen, dass die UN-Vollversammlung oder einzelne Staaten den Internationalen Gerichtshof um eine Stellungnahme bitten, ob bestimmte „exotische“ Weltraumwaffen (einschließlich nuklearexplosionsgepumpter Laserwaffen) als Massenvernichtungswaffen anzusehen sind. Würde dies bestätigt, wäre nach dem Weltraumvertrag eine Stationierung illegal. Falls eine solche Einschätzung nicht zu begründen ist, sind andere Regulierungen denkbar. So könnten bestimmte Aktivitäten mit „exotischen“ Waffensystemen verboten werden, wie z. B. ASAT-Tests oder Angriffe gegen terrestrische Ziele vom Weltraum aus. Regulierungen, die kein Totalverbot vorsehen, bieten sich insbesondere auch an, wenn aus wissenschaftlichen oder wirtschaftlichen Gründen Interesse an der weiteren Entwicklung entsprechender Technologien besteht.

– Regulierung bestimmter Zonen des Weltraums. Eine Option wäre hier, ab einer gewissen Höhe (z. B. 5 000 km) zwar die Stationierung von Satelliten zu erlauben, Test und Stationierung von Waffen aber zu verbieten. Möglich wäre auch eine Übereinkunft, den gesamten Weltraum oberhalb des Geostationären Orbits (GEO) in 36 000 km Höhe dauerhaft nicht zu militärischen Zwecken zu nutzen (Scheffran 2002). Oberhalb dieser Grenze verfolgt derzeit offiziell kein Staat militärische Absichten, sodass hier Rüstungskontrolle nicht in Konflikt mit bestehenden Interessenlagen geraten würde. Durch einen solchen Schritt könnte der größte Teil des Weltalls (wie die Antarktis) zur waffenfreien Zone erklärt und die militärische Nutzung auf den erdnahen Bereich beschränkt werden. Eine Vereinbarung, den gesamten Weltraum oberhalb des GEO dauerhaft nicht zu militärischen Zwecken zu nutzen, wäre zwar zum derzeitigen Zeitpunkt allenfalls symbolischer Natur, könnte aber möglicherweise das Klima für weitere Verhandlungen verbessern.

Eine ähnliche Wirkung wird auch von Vertrauens- und Sicherheitsbildenden Maßnahmen für den Weltraum erhofft, die darüber hinaus auch der Lösung bestimmter aktueller Sicherheitsprobleme dienen könnten.

2.1.3 Vertrauens- und Sicherheitsbildende Maßnahmen für den Weltraum

Es existiert eine Vielzahl von Vorschlägen für Vertrauens- und Sicherheitsbildende Maßnahmen (VSBM) für den Weltraum, zu denen oft auch jene Konzepte gezählt werden, die eine Aufstellung von Verkehrsregeln („Rules of the Road“) für diesen Bereich oder einen Regelkatalog („Code of Conduct“) für Weltraumaktivitäten fordern. VSBM können sowohl als flankierende Maßnahmen konzipiert sein als auch als erste Schritte auf dem Weg zu weiter reichenden Regulierungsvorhaben. Auch die USA hat ihre prinzipielle Bereitschaft zu Diskussionen über Maßnahmen dieser Art erklärt, wobei sie jedoch voraussichtlich Maßnahmen ohne rechtlich bindenden Charakter – also Vertrauensbildende Maßnahmen (VBM) im engeren Sinn – bevorzugen würde.

Einzelne VSBM oder „Rules of the Road“ sind z. B. (Alves 1995):

– Verpflichtung zur Nichtbeeinflussung der Verifikationsmittel und ein Verbot vorsätzlicher Verheimlichung sowie ein Verbot der Verschlüsselung telemetrischer Informationen, die für die Verifikation relevant sind.

– Direkte Kommunikationsverbindungen zwischen Weltraumzentren für einen besseren und schnelleren Informationsfluss zwischen den Weltraumnationen.

– Rechtzeitige Vorankündigung von Raketenstarts und Experimenten im Weltraum (insbesondere solchen mit gerichteter Strahlung) unter genauen Angaben von Zeitpunkt und Dauer, Ort, Flugbahn, Zielbestimmung, Nutzlast, Funktion und anderen wichtigen Daten.

– Kooperative Maßnahmen zur Reduzierung von Weltraumschrott („space debris“), um die Wahrscheinlichkeit von Kollisionen zwischen Weltraumobjekten zu verringern.

– Starteinschränkungen bei Weltraumobjekten, die deren Verwendbarkeit als ASAT-Waffe erschweren und die Frühwarnzeit bei einem Verstoß erhöhen.

– Festlegung eines Mindestabstandes der Annäherung zwischen Weltraumobjekten („keep-out-zones“), um die Vorwarnzeit gegenüber einem Angriff durch Raumflugkörper zu erhöhen.

– Begrenzungen der Annäherungsgeschwindigkeit zwischen Weltraumobjekten, um die Reaktionszeit nach Durchbrechen eines Minimalabstandes zu verlängern.

– Informationsaustausch in einer Ständigen Beratenden Kommission.

Einige Vorarbeiten sind bereits geleistet worden. So sieht z. B. das bereits erwähnte US-amerikanisch/russische „Memorandum of Understanding on Notifications of Missile Launches“ aus dem Jahr 2000 die Einrichtung eines „Pre- and Post-launch Notification System“ (PLNS) vor. Bestimmte VSBM könnten zudem mittelbar rüstungskontrollpolitische Wirkungen entfalten, z. B. ein Testverbot für ASAT-Waffen im Rahmen einer Vereinbarung zum Problem des Weltraumschrotts. Gerade dieses Problem bedarf dringend verstärkter Bearbeitung, da sich durch die weitere Zunahme des Weltraumschrotts die Bedingungen für die zivile Weltraumnutzung massiv verschlechtern könnten.

Einige VSBM sind nicht unproblematisch (Scheffran 2002): Die Festlegung von Mindestabständen könnte als Bestimmung von Zonen exklusiver Nutzung im Widerspruch zum Aneignungsverbot des Weltraumvertrags stehen. Sie dürften auf jeden Fall nicht als Gebiete nationaler Souveränität angesehen werden. Zudem ist es nicht einfach, die Einhaltung solcher Sicherheitszonen für eine größere Zahl von Weltraumobjekten zu überprüfen, zumal zufällige Vorbeiflüge im Abstand von wenigen hundert Kilometern öfter vorkommen. Die Vereinbarung von Mindestabständen ist daher allenfalls sinnvoll für einige wenige wichtige Satelliten und Raumstationen. Die Wirksamkeit dieser Maßnahme ist zudem gering gegen Nuklearexplosionen und Strahlenwaffen.

Bei Maßnahmen zum Problem des Weltraumschrotts ergäbe sich das Problem, dass Technologien, die zu dessen Verminderung entwickelt werden, auch ASAT-Fähigkeiten aufweisen können. Des Weiteren ist unklar, wer völkerrechtlich verantwortlich ist, wenn internationale Konsortien Weltraumschrott erzeugen (Hitchens 2002a). Teil einer Lösung des Problems könnte daher die Einrichtung einer internationalen Agentur sein, die mit der Kontrolle der Einhaltung (sowie eventuell mit der Weiterentwicklung) der beschlossenen Verfahrensregeln beauftragt wird.[14]

Eine sinnvolle Maßnahme zur Erhöhung der Transparenz von Weltraumaktivitäten wäre eine Ausweitung der Registrierungspflicht in Bezug auf Weltraumobjekte. So könnte man Detailinformationen über die Ladung von Satelliten in die Liste der registrierungspflichtigen Informationen aufnehmen (Klotz 1997, S. 19).

2.2 Handlungsperspektiven

Da in Bezug auf die militärische Weltraumnutzung – aufgrund schneller und umfangreicher technologischer Entwicklungen – schon jetzt erheblicher politischer Handlungsbedarf konstatiert werden kann und zudem die politische Urteilsbildung in wichtigen Staaten bereits weit vorangeschritten ist, geht es aktuell darum, Wege zur politischen Umgestaltung der Rahmenbedingungen zu erkunden. Bei der Beurteilung dieser Handlungsperspektiven sind drei eng miteinander zusammenhängende Aspekte vorrangig zu beachten: die Zahl und Bedeutsamkeit der Verhandlungspartner, die Reichweite und Substanz der angestrebten Regulierung sowie der voraussichtliche Zeitrahmen von Verhandlungen, also die Frage, wie schnell Verhandlungen beginnen könnten und wie lange diese dauern würden.

Ein entscheidendes Kriterium sind die Positionen und Aktivitäten der USA, die derzeit wenig Anlass zu rüstungskontrollpolitischem Optimismus geben. Angesichts der verhärteten Fronten zwischen den USA und den anderen Akteuren mag es sogar als verfrüht erscheinen, rüstungskontrollpolitische Handlungsperspektiven für den Weltraum hinsichtlich ihrer Vor- und Nachteile zu diskutieren. Mindestens vier Gründe sprechen aber auch dafür:

[14] Es existiert bereits das schon in Kapitel III erwähnte „Inter-Agency Space Debris Coordination Committee“ (IADC), dem u. a. ESA, NASA, DLR sowie chinesische und russische Institutionen angehören. Es versteht sich als internationales Regierungsforum für die weltweite Koordination von Aktivitäten zur Problematik des (von Menschen erzeugten oder natürlichen) „space debris“.

- der zunehmend problematische Charakter der Lücken des bestehenden Kontrollregimes;
- die Tatsache, dass aufgrund des immer noch geringen Militarisierungsgrades des Weltraums besondere Chancen für präventive Rüstungskontrolle bestehen;
- die seit den 1980er-Jahren rapide wachsende militärische und sicherheitspolitische Relevanz dieser Sphäre sowie
- die Möglichkeit, dass sich in Zukunft die weltraumpolitischen Positionen der USA wieder ändern.

Aus Sicht einer präventiven Rüstungskontrolle wünschenswert wären die schnelle Aufnahme sowie ein zügiger Abschluss von Verhandlungen über substanzielle Rüstungskontrollregelungen für den Weltraum. Dabei ist eine Beteiligung möglichst vieler Staaten und Organisationen anzustreben, zumindest aber aller Weltraummächte und anderer interessierter und engagierter Staaten. Dies sind freilich Maximalziele. Sie machen aber die relativen Vor- und Nachteile der unterschiedlichen Handlungsperspektiven deutlich. Das soll anhand dreier Ansätze verdeutlicht werden:

- Wenn die USA und andere wichtige Staaten bei Verhandlungen außen vor blieben, dürfte zwar eine weitreichende Einigung leichter fallen. Sie wäre dann aber auch rüstungskontrollpolitisch von geringerer Bedeutung als eine Vereinbarung unter Beteiligung aller wichtigen Weltraummächte.
- Bei einer Beteiligung aller Staaten, die hinsichtlich der militärischen Nutzung des Weltraums besonders relevant sind, würde hingegen wahrscheinlich zunächst darauf verzichtet, weitreichende und Weltraumrüstung effektiv beschränkende Regelungen als Verhandlungsziele anzustreben. Ein solcher Ansatz für politisches Handeln wäre zunächst auf kurzfristig erreichbare Ziele ausgerichtet, in der Hoffnung, ein günstigeres Klima für rüstungskontrollpolitisch substanziellere Verhandlungen zu schaffen.
- Augenblicklich die höchsten Hürden hätte ein Verhandlungsprozess zu überwinden, bei dem unter Beteiligung möglichst vieler Staaten Verbotstatbestände in Bezug auf bestimmte Waffensysteme geschaffen werden sollen. Selbst wenn es gelänge, einen Einstieg zu finden, wäre der Prozess wohl äußerst langwierig und mit dem größten Risiko des Scheiterns behaftet. Die Ergebnisse eines solchen Verhandlungsprozesses wären aber rüstungskontrollpolitisch wertvoller als ein umfassendes Abkommen ohne Beteiligung der USA oder Vertrauens- und Sicherheitsbildende Maßnahmen, bei denen die Kernprobleme der Thematik ausgespart bleiben.

Diese drei Ansätze sollen nun näher betrachtet werden.

2.2.1 Ein „Ottawa-Prozess“ für den Weltraum?

Sollte sich die Position der USA längerfristig nicht ändern, bliebe zur Auflösung der rüstungskontrollpolitischen Blockade die Möglichkeit eines multilateralen Vorgehens ohne Beteiligung der USA und anderer verhandlungsunwilliger Staaten. Ein solcher Ansatz hätte den Vorteil, dass – unter Umgehung der blockierten CD – sofort eine breite Palette von Sicherheitsproblemen berücksichtigt werden kann, die von der Mehrzahl der Staaten wahrgenommen wird. Kern-

punkte wären die Regulierung von Weltraumwaffen und ASAT-Aktivitäten. Allerdings müsste man bei einem solchen Vorgehen darauf setzen, dass sich die USA und andere verhandlungsunwillige Staaten entweder im Nachhinein dem internationalen Diskussionsprozess anschließen oder mögliche Absprachen akzeptieren bzw. tolerieren, da sie darin auch für sich Vorteile erkennen. Damit orientierte man sich an den Verhandlungen über einen Landminen-Bann („Ottawa-Prozess"), deren Ergebnis „Das Übereinkommen über das Verbot des Einsatzes, der Lagerung, der Herstellung und der Weitergabe von Antipersonenminen und über deren Vernichtung" („Ottawa-Übereinkommen") vom 3. Dezember 1997 war. Das Übereinkommen trat am 1. März 1999 in Kraft. Der „Ottawa-Prozess" zeichnete sich (u. a. nach Auffassung der Bundesregierung) dadurch aus, dass Regierungen, NGOs und internationale Organisationen zur Lösung des Problems auf noch nicht dagewesene Weise eng und zügig zusammenarbeiteten.[15] In nur 23 Monaten wurde das „Ottawa-Übereinkommen" verhandelt, unterzeichnet und ratifiziert. Allerdings ist zu bedenken, dass sich der militärische Nutzen von Anti-Personen-Landminen (insbesondere für die militärisch starken Staaten) in den letzten Jahrzehnten deutlich verringert hat. Somit ist fraglich, ob die Erfahrungen bei dem „Ottawa-Prozess" überhaupt auf Verhandlungen über neue Weltraumwaffentechnologien übertragbar sind.

Proponenten eines „Ottawa-Prozesses" für den Weltraum richten ihre Hoffnungen oft auch auf jene wirtschaftlichen Akteure, die in der zivilen Raumfahrt engagiert sind oder von dieser abhängen (Johnson 2001). Unternehmen dieser Industrien könnten demnach, insofern sie eine Aufrüstung im Weltall als bedrohlich einschätzen, zu Bündnispartnern von in diesem Bereich rüstungskontrollpolitisch engagierten Staaten und NGOs werden.

Eine Konsequenz einer am „Ottawa-Prozess" orientierten Vorgehensweise könnte das Wegfallen von PAROS als Thema der CD sein. Dies liefe zumindest auf den ersten Blick dem Wunsch der Mehrheit der Staatengemeinschaft zuwider, die sich immer wieder dafür ausgesprochen hat, die Konferenz als wichtiges Forum für Rüstungskontrollfragen (und gerade in Bezug auf den Weltraum) zu reaktivieren. Durch eine solche externe Vorgehensweise wäre es allerdings wohl auch einfacher möglich, die bestehende Blockade zu überwinden und dringliche Probleme anzugehen.

Es bleibt aber festzuhalten, dass angesichts der weltraumpolitischen Bedeutung der USA ein „Ottawa-Prozess" für den Weltraum nur dann sinnvoll wäre, wenn die begründete Hoffnung besteht, dass die USA und alle anderen Weltraummächte dem Übereinkommen im Nachhinein schnell beitreten werden. Wahrscheinlicher würde dies durch die Wahl weniger ambitionierter Maßnahmen und Verbotstatbestände als Verhandlungsgegenstände. Dann könnte eine Konzentration auf Probleme der zivilen Weltraumnutzung erfolgen, was durchaus rüstungskontrollpolitisch von Belang wäre: Je mehr die zivile Kooperation im Weltraum allen Beteiligten nutzt, desto stärker dürfte ihre präventive und deeskalierende Wirkung hinsichtlich möglicher militärischer Rivalitäten und Konflikte sein.

[15] Allerdings hatten Russland und China an den Verhandlungen überhaupt nicht teilgenommen. Die USA hingegen haben das Übereinkommen nicht unterzeichnet, weil sie zunächst Alternativen zur Nutzung von Landminen bei der Verteidigung der Republik Korea suchen wollen und weil das Übereinkommen gemischte Anti-Panzer-Systeme verbietet. Sollten diese Probleme gelöst werden, wären die USA zur Unterschrift bereit.

2.2.2 Mögliche Schritte zur einvernehmlichen Auflösung der Blockade

In der derzeitigen Blockadesituation empfiehlt es sich, selbst kleine Fortschritte im Vergleich zum aktuellen Stillstand anzustreben. Daher bieten sich Verhandlungen über VSBM für den Weltraum sowie Initiativen für eine intensivere internationale Zusammenarbeit in der zivilen Weltraumnutzung an. Infrage kommen dabei u. a. Maßnahmen zum Problem des Weltraumschrotts, zur Kontrolle des Weltraumverkehrs sowie zur Erhöhung der Transparenz von Weltraumaktivitäten (Hitchens 2002a).

Eine solche Perspektive ist dadurch eröffnet, dass sich die USA dazu bereit erklärt hat, im Rahmen der CD über vertrauensbildende Maßnahmen für den Weltraum zu sprechen. Zudem zeigt die USA besonderes Interesse an Maßnahmen zur Verminderung von Weltraumschrott und zur Vermeidung seiner weiteren Erzeugung. Sollten aus Gesprächen über VSBM erfolgreiche Verhandlungen resultieren, könnte dies möglicherweise das Klima und die Rahmenbedingungen für weiter reichende Verhandlungen über die Regulierung von militärischen Weltraumaktivitäten verbessern. VSBM für den Weltraum könnten zudem – angesichts zunehmender Aktivitäten im Raum – konkrete Sicherheitszugewinne ermöglichen.

Auf die Verhandlungsbereitschaft der USA könnten sich auch Initiativen positiv auswirken, mit denen Aspekte der Verwundbarkeit der Weltrauminfrastruktur verstärkt auf die Tagesordnung der internationalen Politik gesetzt würden („Agenda Setting"). Ein Anstoß könnte in diesem Zusammenhang (und ähnlich wie beim „Ottawa-Prozess") die Einbringung einer UN-Resolution durch eine Gruppe interessierter Staaten sein. Mögliche Inhalte einer solchen Resolution wären z. B. eine Erklärung, friedlichen Zwecken dienende Satelliten und Raumschiffe nicht in ihren Funktionen zu beeinträchtigen, die Selbstverpflichtung, konkrete Maßnahmen zur Weltraumsicherheit (z. B. Weltraumschrott, Transparenz, „Rules of the Road" etc.) zu ergreifen und schließlich die Schaffung einer internationalen Weltraumagentur für die Verifikation (und weitere Ausarbeitung) der Regelungen sowie für die Unterstützung von Ländern, die über keine eigenen Trägerkapazitäten und Satelliten verfügen (IFSH 2002, S. 204). Eine weitere Möglichkeit des „Agenda Setting" sind Verzichtserklärungen einzelner Staaten (und insbesondere wichtiger Weltraummächte) hinsichtlich des Gebrauchs von Weltraumwaffen oder in Bezug auf ASAT-Aktivitäten jeglicher Art (einschließlich Tests). Ebenfalls in Betracht zu ziehen sind räumlich begrenzte Abkommen für bestimmte Zonen des Weltalls, durch die keine aktuellen Interessen der Weltraummächte berührt würden, wie z. B. ein Verbot der militärischen Nutzung des Weltalls oberhalb des GEO.

Des Weiteren wäre eine Multilateralisierung des im US-amerikanischen/russischen SALT-I-Vertrag festgelegten Verbots der Beeinträchtigung nationaler technischer Mittel

(NTM) der Verifikation (einschließlich der dafür verwendbaren Satelliten) denkbar. Eine von allen Weltraummächten unterstützte internationale Vereinbarung zum Verbot der Beeinträchtigung von NTM der Verifikation bedeutete nicht nur hinsichtlich der Verifikation von Rüstungskontrollvereinbarungen einen wichtigen Fortschritt, sondern auch in Bezug auf die ASAT-Problematik. Als Fortschritt könnten auch eine Stärkung des Registrierungsübereinkommens und eine Ausweitung des Notifikationsregimes sowie von Inspektionen und Überwachungsmaßnahmen gelten.

Obwohl die Vorschläge für VSBM relativ bescheidene Ziele anvisieren, ist in Bezug auf ihre Realisierungschancen allenfalls vorsichtiger Optimismus angebracht. Die Tradition der deutschen, französischen und gemeinsamen europäischen Initiativen zu VSBM in CD und COPUOS verdient aber auf jeden Fall, fortgeführt zu werden.

2.2.3 Ansatzpunkte für substanzielle Regulierungen

Auf den ersten Blick hat es den Anschein, dass die Perspektive eines substanziellen Verhandlungsprozesses zu (wenigstens) einem der beiden Kernprobleme der Weltraumrüstungskontrolle – also weltraumbasierte Waffen und ASAT-Fähigkeiten – derzeit verbaut ist. Betrachtet man allerdings die Möglichkeiten in sachlicher und zeitlicher Hinsicht genauer, wird deutlich, dass sich gewisse Chancen für einen solchen Ansatz vor allem dann ergäben, wenn man den aktuellen Sicherheitsinteressen der großen Weltraummächte (und vor allem der USA) durch eine pragmatische und prozessuale Herangehensweise Rechnung trüge. Dazu dürfte zum einen die Einstiegsschwelle nicht zu hoch sein und zum Zweiten müssten die Gespräche als offener Prozess angelegt sein, um in dessen Verlauf den Spielraum für gegenseitige Zugeständnisse und für den Abbau gegenseitigen Misstrauens auszuloten. Die folgenden drei grob skizzierten Verfahrensansätze basieren auf diesen Prämissen und implizieren, dass die ASAT-Problematik der Thematik der weltraumbasierten Waffen sachlich und zeitlich nachgeordnet ist:

– Gespräche und Verhandlungen zu weltraumbasierten Waffen sollten so weit wie möglich vom Thema Raketenabwehrsysteme abgekoppelt sein, um den Interessen der USA und anderer wichtiger Akteure an solchen Systemen entgegenzukommen. Ein solcher Ansatz ist auf politischer Ebene in den Grundzügen bereits ausgearbeitet. Wie gezeigt, haben sich die Volksrepublik China und Russland in ihrem gemeinsamen Vorschlag in der CD in diese Richtung bewegt (vgl. Kapitel V.2). Der vorläufige Verzicht auf eine Thematisierung der Raketenabwehrproblematik in Verhandlungen über Weltraumrüstungskontrolle brächte es allerdings mit sich, dass (aufgrund der impliziten ASAT-Fähigkeiten von Raketenabwehrsystemen) die ASAT-Problematik zunächst ebenfalls ausgespart werden müsste. Gesprächsgegenstand wäre somit zunächst ein Stationierungsverbot von Waffen im Weltraum. Damit blieben dann Forschungs-, Entwicklungs- und ggf. auch Testaktivitäten anfänglich ausgeklammert.

– Ein geeigneter Einstieg in substanzielle Verhandlungen wäre auch, ein multilaterales Abkommen über das Verbot der Beeinträchtigung von „friedlichen Zwecken“ dienenden Weltraumobjekten. Dabei ließe sich an Artikel IX WRV sowie an Artikel 45 der Verfassung der ITU anknüpfen. Danach könnten weitere Ver- und Gebote verhandelt werden, wobei eine Option wäre, den WRV entsprechend zu ergänzen. So könnte z. B. eine Verpflichtung der Vertragsparteien postuliert werden, die Erzeugung von Weltraumschrott zu vermeiden und existierenden Weltraumschrott zu beseitigen. Ein zentrales Element einer Vereinbarung müsste dann zumindest eine Begrenzung von ASAT-Waffentests sein. Als weiterer Schritt könnte durch Ergänzung des WRV die Stationierung angriffstauglicher Objekte im Weltraum verboten werden, unabhängig davon, ob diese ASAT-Zwecken, der Raketenabwehr oder der Gewaltanwendung vom Weltall aus dienen (Coyle/Rhinelander 2002). Raketenabwehrsysteme mit Weltraumkomponenten, die keine Waffen sind, würden nicht verboten, was den Interessen der USA (und wahrscheinlich auch anderer militärisch starker Staaten) Rechnung trüge.

– Ein Prozess substanzieller Verhandlungen könnte auch so angelegt sein, dass allen Staaten von Anfang an explizit das Recht bestätigt wird, angreifende Raketen bei ihrem Weg durch den Orbit zu bekämpfen, dass aber Gewaltanwendung vom Weltall aus sowie Angriffe gegen weltraumbasierte Objekte reguliert werden sollten (Moltz 2002a): Kernelemente eines anzustrebenden Abkommens wären dann z. B. das Verbot des Einsatzes, des Testens und der Stationierung von Waffen jedweder Art (einschließlich Abfangwaffen) im Weltraum oberhalb ca. 800 km Höhe, das Verbot der Stationierung von Waffen im LEO sowie des Testens und des Einsatzes von Waffen gegen Satelliten und andere Weltraumobjekte. Erlaubt wäre in beschränktem Umfang der Test terrestrischer Interzeptoren gegen Raketen, die sich kurzfristig durch den LEO bewegen.

Allen diesen Überlegungen ist gemeinsam, dass derzeit entweder bereits über die Ansatzpunkte für Verhandlungen oder aber über weiter gehende Ziele kein Konsens der wichtigen Weltraummächte erkennbar ist. Ungeachtet dessen sollte jedoch das Ziel einer substanziellen Regulierung – vor allem von weltraumbasierten Waffen – nicht aufgegeben werden. Staaten, die kein oder nur ein geringes Interesse an militärischer Weltraumnutzung haben, können hier möglicherweise eine wichtige Rolle als Initiatoren von Verhandlungsprozessen spielen.

3. Fazit

Technologische Entwicklungen und politische Weichenstellungen der letzten Jahre haben den Weltraum zu einem besonders wichtigen Feld präventiven rüstungskontrollpolitischen Handelns werden lassen. Rüstungskontrollpolitik müsste eine Alternative zum Bestreben aufzeigen, Sicherheit durch mehr und offensive militärische Weltraumnutzung zu schaffen. Rüstungskontrolle hätte dazu deutlich zu machen, dass durch nicht militärische Mittel nicht nur eine riskante Entwicklung eingegrenzt, sondern zugleich ein stabiler Ordnungsrahmen für die sichere zivile Nutzung sowie die legitime militärische Nutzung des Weltraums geschaffen werden könnte. Die Überwindung der derzeitigen Blockadesituation in diesem Feld, verursacht vor allem von Inte-

ressengegensätzen zwischen den USA einerseits und der Volksrepublik China und anderen Staaten andererseits, ist die dringlichste politische Herausforderung. In dieser Situation wären schon kleine Fortschritte – wie die Aushandlung einzelner Vertrauens- und Sicherheitsbildender Maßnahmen für den Weltraum – von großer Bedeutung. Gespräche über solche Maßnahmen könnten zudem ein Auftakt sein zu einem Verhandlungsprozess mit dem Ziel der Regulierung eines Kernproblems der Militarisierung des Weltraums (wie die Stationierung von Waffen in dieser Sphäre und die ASAT-Frage). Durch politische und diplomatische Initiativen mit langem Atem und einen breiten Diskurs in Wissenschaft und NGOs müsste versucht werden, das Thema auf der Agenda zu halten und zumindest etwas Bewegung in die festgefahrene Positionen zu bringen. Unabhängig von den aktuellen Realisierungschancen empfiehlt es sich, Regulierungskonzepte in Politik und Wissenschaft weiter intensiv zu diskutieren und alternative Lösungsvorschläge für die zahlreichen Sachprobleme zu erarbeiten. Wenn sich in Zukunft bessere Möglichkeiten zur Regulierung ergeben sollten, wäre so bereits eine solide Basis für Gespräche und Verhandlungen gelegt.

Literatur

1. In Auftrag gegebene Gutachten

ALTMANN, J. (2002): Technologien und technische Systeme für die militärische Anwendung im Weltraum – Bestandsaufnahme und Trends sowie technologiespezifische Fragen von Rüstungsbegrenzung bei Weltraumsystemen und ihrer Verifikation. Universität Dortmund, Dortmund

IFSH (Institut für Friedensforschung und Sicherheitspolitik an der Universität Hamburg) (2002): Militärische Nutzung des Weltraums und Möglichkeiten für Rüstungskontrolle im Weltraum. Hamburg

INT (Fraunhofer Institut Naturwissenschaftlich-Technische Trendanalysen) (2002): Militärische Nutzung des Weltraums. Euskirchen

SCHEFFRAN, J. (2002): Militärische Nutzung des Weltraums und Möglichkeiten für Rüstungskontrolle im Weltraum – Völkerrechtliche Grundlagen, politische Rahmenbedingungen und technische Möglichkeiten der Rüstungskontrolle. Berlin

2. Weitere Literatur

AFSPC (2003): (Air Force Space Command) unter http://www.spacecom.af.mil/hqafspc/Library/FactSheets/FactsSheets.asp?FactChoice=4 (zuletzt abgerufen am 29. April 2003)

ALVES, P. G. (1991): Prevention of an Arms Race in Outer Space: a Guide to the Discussions in the Conference on Disarmament (UNIDIR Publications). Genf

ALVES, P. G. (Hg.) (1995): Building Confidence in Outer Space Activities: CSBMs and Earth-to-Space-Monitoring. Dartmouth

BIELEFELD, T., NEUNECK, G. (2001): Raketenabwehr-Optionen für die Bush-Administration – Die technische Dimension. In: Vierteljahresschrift Sicherheit und Frieden S + F, Heft 2, S. 89–95

CARNEGIE NON-PROLIFERATION PROJECT (2002): World Missile Chart – Countries Possessing Ballistic Missiles. (http://www.ceip.org/; abgerufen am 29. Juli 2002)

CHENG, B. (2000): Military Use of Outer Space: Article IV of the 1967 Space Treaty Revisited. In: Cheng, C.-J., Kim, D. H. (Hg.): The Utilization of the World's Air Space and Free Outer Space in the 21st Century (Proceedings of the International Conference on Air and Space Policy, Law and Industry for the 21st Century; held in Seoul from 23–25 June 1997), S. 305–336. Den Haag u. a. O.

CHINA, RUSSLAND (2002): Joint Working Paper by the Delegations of China and the Russian Federation, co-sponsored by Viet Nam, Indonesia, Belarus, Zimbabwe, and Syria (Title: „Possible Elements for a Future International Legal Agreement on the Prevention of the Deployment of Weapons in Outer Space, the Threat or Use of Force Against Outer Space Objects"), offiziell in die CD eingebracht am 27. Juni 2002. (http://www.inesap.org/bulletin20/bul20art10.htm; abgerufen am 4. Februar 2003)

COMMISSION ON NATIONAL SECURITY (2000): The United States Commission on National Security/21st Century, Seeking a National Strategy. A Concert for Preserving Security and Promoting Freedom, April 15

COYLE, PH. E., RHINELANDER, J. B. (2002): Drawing the Line: the Path to Controlling Weapons in Space. In: Disarmament Diplomacy 66 (http://www.acronym.org.uk/dd/dd66/66op1.htm; abgerufen am 12. November 2002)

DARPA (Defense Advanced Research Projects Agency) (2002): http://www.darpa.mil/tto/programs/astro.html (abgerufen am 4. Dezember 2002)

DoD (Department of Defense) (1996): Annual Report to the President and the Congress, Washington D.C.

DoD (Department of Defense) (2000): Space Technology Guide, FY 2000–01, Office of the Secretary of Defense (https://www.space.gov/technology/myer.pdf)

DoD (Department of Defense) (2001): Annual Report to the President and the Congress, Washington D.C.

DOOLING, D. (1997): Space Sentries. In: IEEE Spectrum Heft 9, S. 50–59

FAS (Federation of American Scientists) (2002): http://www.fas.org/spp/military/program/imint/lacrosse.htm

FRISCH, J., KEIPES, J.-C. (2003): Global Positioning System. http://www3.ltett.lu/webltett/departements/mathematiques/dossiers/gps/gps.html (zuletzt abgerufen am 29. April 2003)

HITCHENS, TH. (2001): Rushing to Weaponize the Final Frontier. In: Arms Control Today, September

HITCHENS, TH. (2002a): Some Ideas on Space Security (prepared for the Outer Space and Global Security Seminar, Nov. 26-27, 2002, Geneva). (http://www.cdi.org/space-security/ideas.cfm; abgerufen am 6. Februar 2003)

HITCHENS, TH. (2002b): Space Weapons: More Security or Less? In: Moltz 2002b, S. 28–31

HITCHENS, TH. (2002c): Weapons in Space: Silver Bullet or Russian Roulette? The Policy Implications of U.S. Pursuit of Space-Based Weapons (http://www.cdi.org/missile-defense/spaceweapons.cfm; abgerufen am 8. August 2002)

JASANI, B. (Hg.) (1991): Peaceful and Non-Peaceful Uses of Space: Problems of Definition for the Prevention of an Arms Race (UNIDIR Publications). Genf

JASENTULIYANA, N. (Hg.) (1995): Perspectives on international law. London

JAVITS, E. M. (2002): Remarks by Ambassador Eric M. Javits to the Conference on Future Security in Space. New Place, England, May 29 (http://www.us-mission.ch/press2002/0529javitssecurityinspace.html; abgerufen am 13. Februar 2003)

JOHNSON, R. (2001): Multilateral Approaches to Preventing the Weaponisation of Space. In: Disarmament Diplomacy Issue 56. (http://www.acronym.org.uk/dd/dd56/56rej.htm)

JOINT CHIEFS OF STAFF (2000): Joint Vision 2020. Washington D.C.

KANADA, EU (2001): Canada-EU Joint Statement on Non-Proliferation, Arms Control and Disarmament, June 2001. (http://www.dfait-maeci.gc.ca/canadaeuropa/canada-eu-c-3-en.asp; abgerufen am 28. Januar 2003)

KILE, S. N. (2002): Ballistic Missile Defense and Nuclear Arms Control. In: SIPRI Yearbook 2002: Armaments, Disarmament and International Security, S. 489–524. New York

KLOTZ, F. G. (1997): Space, Commerce, and National Security. Council on Foreign Relations Press, New York (http://www.cforg/pubs/klotz/html; abgerufen am 29. Februar 2002)

MOLTZ, J. C. (2002a): Breaking the Deadlock on Space Arms Control. In: Arms Control Today (April 2002). (http://www.armscontrol.org/act/2002_04/moltzapril02.asp; abgerufen am 28. Januar 2003)

MOLTZ, J. C. (Hg.) (2002b): Future Security in Space: Commercial, Military and Arms Control Trade-Offs. Centre of Nonproliferation Studies/Mountbatten Centre of International Studies, Monterey

MUELLER, K. P. (2002): Totem and Taboo: Depolarizing the Space Weaponization Debate. (http://www.gwu.edu/~spi/spaceforum/TotemandTabooGWUpaperRevised%5B1%5D.pdf; abgerufen am 6. Februar 2003)

NASA (National Aeronautics and Space Administration) (2003): (http://spaceflight.nasa.gov/mars/technology/propulsion/aspl/vasimr.htm; abgerufen am 6. Januar 2003)

NIE (National Intelligence Estimate) (2001): Foreign Missile Developments and the Ballistic Missile Threat Through 2015, Summary. (http:www.cia.gov/nic/pubs/other_product/Unclassifiedballisticmissilefinal.htm)

NPR (Nuclear Posture Review) (2001): Nuclear Posture Review (Excerpts). Submitted to Congress on 31 December 2001. (http://www.globalsecurity.org/wmd/library/policy/dod/npr.htm; abgerufen am 23. Juli 2002)

ODLE, R. (2000): Ground Systems Architectures Workshop 2000

PETERMANN, TH., SOCHER, M., WENNRICH, C. (1997): Präventive Rüstungskontrolle bei neuen Technologien – Utopie oder Notwendigkeit? Berlin

PIKE, J. (2002): The Military Uses of Outer Space. In: SIPRI Yearbook 2002. Armaments, Disarmament and International Security, S. 613–663. New York

PLANETARY SOCIETY (2002): http://www.planetary.org/solarsail/Media.htm (abgerufen am 8. Januar 2003)

QDR (Quadrennial Defense Review) (2001): Department of Defense, Quadrennial Defense Review: Creating the U.S. Military of the 21st Century. Washington D.C.

RUMSFELD, D. (2002): Transforming the Military. In: Foreign Affairs 81 (3), S. 20–32

RUSSLAND (2001): Statement by Igor Ivanov, Minister of Foreign Affairs of the Russian Federation, at the 56th session of the UN General Assembly, September 24, 2001. (http://www.rus.co.nz/press/2001/september/27(2).html; abgerufen am 21. Januar 2003)

SEBOLDT, W. (1999): Entfaltung eines Sonnensegels von 20 m x 20 m, Highlight der Woche, 24. Dezember 1999, DLR Berlin (http://berlinadmin.der.de/HofW/1999/1224_026)

SMP (Strategic Master Plan) (2000): Air Force Space Command, Strategic Master Plan for FY 02 and Beyond. (http://www.spacecom.af.mil/hqafspc/library/AFSPCPA Office/2000smp.html)

SMP (Strategic Master Plan) (2002): Air Force Space Command, Strategic Master Plan for FY04 and Beyond. (http://www.spacecom.af.mil/hqafspc/library/AFSPCPA Office/2000smp.html)

SPACE COMMISSION (2001): Report of the Commission to Assess United States National Security Space Management and Organization. Executive Summary, Washington D.C.

SPACEFLIGHT NOW (2003): http://spaceflightnow.com/news/n0207/28helios2a/; abgerufen am 8. Januar 2003

SPACE-LAUNCHER.com (2003): http://www.orbireport.com/Logs/Log03/Log2003-01.html

SPD und BÜNDNIS 90/DIE GRÜNEN (2002): Koalitionsvertrag 2002 bis 2006: Erneuerung – Gerechtigkeit – Nachhaltigkeit. Für ein wirtschaftlich starkes, soziales und ökologisches Deutschland. Für eine lebendige Demokratie. (http://www.gruene-ml.de/archiv/kvertrag/kvertrag.pdf; abgerufen am 12. Dezember 2002)

TSR (Transformation Study Report) (2001): Transformation Study Report – Executive Summary, Prepared for the Secretary of Defense, Washington D.C.

USSPACECOM (United States Space Command) (1998): Long Range Plan – Implementing USSPACECOM Vision for 2020, Peterson AFB CO: US Space Command (Januar 1998). (http://www.fas.org/spp/military/docops/usspac/lrp/toc.htm); abgerufen am 6. Januar 2003)

VLASIC, I. A. (1995): Space Law and the Military Applications of Space Technology. In: Jasentuliyana 1995, S. 382–410

WADE, M. (2002): Encyclopaedia Astronautica (http://www.astronautix.com)

WESTDAL, C. (2001): The Prevention of an Arms Race in Outer Space (Text on PAROS for delivery by Ambassador Westdal at the „Disarmament Week“ Seminar, New York, 11. Oktober 2001). (http://www.dfait-maeci.gc.ca/arms/outer6-en.asp; abgerufen am 6. Februar 2003)

WHITE, R. E. (2002): Space Weapons Ban: Thoughts on a New Treaty. In: INESAP Information Bulletin 20, S. 27–30

WILSON, TH. R. (2001): Military Threats and Security Challenges Through 2015. Statement for the Record, Senate Select Committee on Intelligence, 2. Februar

ZHIGANG, F. (2002): The Joint Working Paper by China and Russia. In: INESAP Bulletin 20, S. 39–40. (http://www.inesap.org/bulletin20/bul20art14.htm; abgerufen am 4. Januar 2003)

ZIELINSKI, R. H., WORLEY, R. M. II, BLACK, D. S., HENDERSON, S. A., JOHNSON, D. C. (1996): Star Tek – Exploiting the Final Frontier: Counterspace Operations in 2025; Research Paper Presented to Air Force 2025, (http://www.maxwell.af.mil/au/2025/volume3/chap09/vol3ch09.pdf; abgerufen am 6. Januar 2003)

Anhang

Seite

1. Tabellenverzeichnis

2. Abbildungsverzeichnis

3. Übersicht der Technologieprojekte im Space Technology Guide

Im Folgenden werden tabellarisch die wichtigsten Technologieprojekte zur Erlangung der militärischen Schlüsselfähigkeiten aufgeführt (Übersetzung nach Altmann 2002, s. a. Kapitel III und IV). Neben einer Kurzcharakterisierung der Konzepte und Projekte ist in den Tabellen auch der Status der gegenwärtigen Entwicklung, sofern im Space Technology Guide (DoD 2000) vermerkt, enthalten.

Tabelle 11

Raumtransport/Satellitenoperationen

Kategorie	Projekt	Status
Start nach Plan kostengünstige Startfahrzeuge	**Evolved Expendable Launch Vehicle (EELV),** Kosten um 25 % senken Varianten für mittlere und schwere Lasten, erste Starts 2002/2004	technische Entwicklung
	Integrated High Payoff Rocket Propulsion Technology (IHPRPT), mit NASA, Industrie; für Weltraumstart, -fahrzeuge, Antrieb strategischer/taktischer Raketen verschiedene Demonstrationen 2001–2005	Technologieentwicklung und -demonstration
Start nach Bedarf militärisches Weltraumflugzeug (Military Space Plane, MSP)	**Reusable Launch Vehicle (RLV)** Space Shuttle der nächsten Generation, Kosten um Faktor 10 senken Flugtests X-33, X-37 nach 2000	Demonstration
	Space Operations Vehicle (SOV) US-gestütztes, wieder verwendbares Weltraumtransportfahrzeug für leichte/mittlere Lasten	Systemkonzept
	Space Maneuver Vehicle (SMV) wieder verwendbares Weltraumfahrzeug, vom SOV abgesetzt, bis zu einem Jahr im Umlauf (X-27, X-40; X-40 B als militarisiertes X-37)	Systemkonzept
Konzept für Start vom Flugzeug aus	**Air Launch Vehicle** wieder verwendbares Flugzeug mit Feststoffraketen-Startsystem	Systemkonzept
Übergang zu anderer Bahn	**fortgeschrittene Antriebskonzepte** wie: – elektrisch (Ionen-/Hall-/gepulster Plasmaantrieb) – solarthermisch	Technologiekonzepte
Weltraumfahrzeug/ Fahrzeug für Übergang zu anderer Bahn	**Orbital Express (OE)** – neue Technologien, Betriebskonzepte und modulare Auslegung	Technologiekonzept
Dienste in der Umlaufbahn Fahrzeug für Dienste in der Umlaufbahn	– Autonomous Space Transporter and Robotic Orbiter (ASTRO) – Satellit der nächsten Generation – Technologien für „Weltraumlieferwagen“	

noch Tabelle 11

Fähigkeiten und Eigenschaften	Projekt	Status
kooperativ, autonom, selbst erkennend und selbst heilend; vernetzte Kommunikation	**TechSat21,** experimentelle Konzepte sehr billiger und leichter Kleinsatelliten. Beispiele: – Gruppen, die kooperativ wie ein größerer Einzelsatellit arbeiten – Führung und Steuerung auf Gruppenebene – Raum-Zeit-Messung und Synchronisation	Technologiekonzepte
Fähigkeiten zu Diensten, Rendezvous, Nahbereichsfunktionen in der Umlaufbahn	**Autonomous Space Transporter and Robotic Orbiter (ASTRO)**, die Klein-Fähre des Orbital Express – autonomer Weltraumtransporter und Roboter-Satellit – für autonomes Wiederbetanken und Dienste in allen Höhen – Schnittstellen für Elektronik-Verbesserungen, Umkonfigurierung, Nachschub	Technologiekonzept
Dienste und Unterstützung für viele Aufgaben in der Umlaufbahn	**Space Maneuver Vehicle (SMV)** – hohe Manövrierfähigkeit für Änderungen von Bahnhöhe und -neigung – Standard-Nutzlastträger für ISR, Kontrolle des Weltraums und Gewaltanwendung – Aufrechterhaltung und Rendezvous LEO/MEO; Vorbeiflug GEO – flexibel, beweglich, rückrufbar, auf Landebahn rückholbar	Technologiekonzept

Tabelle 12

Kontrolle des Weltraums

Aktivitäten	Status
Weltraumüberwachung (vom Boden aus)	
adaptive Optik in voller Größe – Integration in das 3.7-m-Teleskop der Maui Space Surveillance Site (MSSS)	Technologieeinfügung
hochwertiges Laser-Radar – Integration in das 3,7-m-Teleskop in Maui; 30-dB-Gewinn für Einsatz von Weltraumobjekten – Weltraumüberwachungsfähigkeit; Optionen für Abstands-Doppler-Bildgebung und Verfolgung von Weltraumschrott	Technologieentwicklung
Werkzeug zur Bildausnutzung – Intelligence Data Analysis for Satellite Systems (IDASS), bodengestützte Software zur Verstärkung der Verarbeitung und Analyse der hoch aufgelösten Bilddaten von Maui	Technologieentwicklung
Active Imaging Testbed-Experimente – Auswertung aktiver Bildgebung (von 2000 abgeschlossenen Experimenten) – Ergebnisse übergeben an Geo Light Imaging National Testbed (GLINT), um optische Abbildung von Weltraumobjekten in GEO zu demonstrieren – später GLINT-Höherstufung für residuale Einsatzfähigkeit	Technologieexperimente
Berichte über Weltraumumwelt und -bedrohung	
Compact Environmental Anomaly Sensor II (CEASE II) – schädliche Elemente der Weltraumumwelt überwachen, Echtzeitalarm an Wirts-Weltraumfahrzeug	Technologiedemonstration fortgeschrittenen Konzepts
Space Threat Warning and Reporting (STW/AR) – defensive Gegenmaßnahmen unterstützen – Miniature Satellite Threat Reporting System (MSTRS) – den Funkteil von STW/AR unterstützen – Advanced Laser Sensor Development (ALSD) – den Laserteil von STW/AR unterstützen	Technologiedemonstrationen
Space-Based Laser Integrated Flight Experiment (SBL IFX) – Demonstration der integrierten Leistungsfähigkeit in der Umlaufbahn (2010–12) – parallele Programme, Entwicklung eines einsatzfähigen SBL ermöglichen – Konzeptverfeinerungen über SBL Affordability and Architecture Study – fortlaufende Studien von Weltraumoptik und Lasertechnologie	Technologieprogramm
Space Maneuver Vehicle – manövrierfähiger Satellitenträger mit Fähigkeit für austauschbare Nutzlasten – kann bei Bedarf gestartet und an gewünschten Ort manövriert werden – fähig zu Rendezvous und gleichem Umlauf mit Satelliten in LEO/MEO, zum Vorbeiflug an GEO-Satelliten – könnte beliebige Arten von Nutzlast tragen und absetzen	Systemkonzept

Tabelle 13

Aufklärung/Überwachung

Kategorie	Projekt/Aktivität	Status
fortgeschrittene Zielfindung und Bilderfassung	**Infrarot(IR)-Technologien** zur Zielfindung, z. B.: – Space-Based Infrared System (SBIRS)-High – SBIRS-Low	Konstruktions- und Herstellungsentwicklung Demonstration/Bestätigung-Beschaffung
	Space-Based Radar (SBR)-Technologien – Airborne moving target indication (AMTI) – Ground moving target indication (GMTI) – SBR mit GMTI und SAR-Bilderfassung	Technologieentwicklungen
	Hyperspectral Imaging (HSI)-Projekte: – Warfighter I – EO-1 – Multispectral Thermal Imager (MTI)	Technologiedemonstrationen
	Space-Based Laser (SBL)-Bilderfassung – leichtere, billigere, stabile, große Weltraumoptik – Konzepte für Nachschub in der Umlaufbahn	Konzepte, Experimente, Entwicklungen
	Space Maneuver Vehicle (SMV) – auf ISR zugeschnittene Konstellationen – austauschbare ISR-Nutzlasten	Systemkonzept
Plattform-Technologien	**allgemeine Weltraumfahrzeug-Projekte** – Programme für Strahlungshärtungs-Technologie – Rechnerentwicklung – Batterieentwicklung – (siehe Konzepte und Projekte für den Betrieb von Satelliten) – (andere, geheime Aktivitäten)	Konzepte, Experimente, Entwicklungen
Informations-Management	**globale Echtzeit-Kenntnis** – stimmiges Bild des Kampfraums – automatische Zielerkennung – Breitband Quer- und Abwärts-Verbindungen – Zufluss für taktische Anzeigen – zukünftige Informations-, Fusions- und Verteilungsarchitekturen – Informationsnutzungs-Technologien	Konzepte, Experimente, Entwicklungen

Tabelle 14

Führung/Steuerung/Kommunikation

Kategorie	Projekt/Aktivität	Status
Datenfusion	Joint Battlespace Infosphere (JBI)	Modellierung und Simulation
Sensorfusion	Ausnutzung beweglicher Ziele	Modellierung und Simulation
	Sensor-Entscheider-Schützen-Technologien	Technologie
Entscheidungsfindungs-werkzeuge für den globalen Kriegführer	Joint Aerospace Tasking Order (JATO) Joint Targeting Toolbox (JTT) Collaborative Engineering Environment (CEE) Multi-Sensory C2 Advanced Technologies (MCCAT) Global Awareness Virtual Testbed (GAVT)	Modellierung und Simulation und Technologieentwicklung
wirkungsbasierte Einsätze	Strategie-zu-Auftrag-Software-Algorithmen Erzeugung vielfacher Szenarien und mögliche Ergebnisse	Technologieentwicklung
fortgeschrittene Kommunikation	globale Netzinfrastruktur Optical Intersatellite Links (OISL) der Configurable Aerospace Command Center (CACC) und Laserkommunikation zu Airborne Command Posts (ACPs) und Operationszentren Intelligente Netzwerkmanagement-Technologien	Architektur- und Netzwerk-Technologie-entwicklung

Tabelle 15

Positionsbestimmung/Navigation/Zeitgebung

Kategorie	Aktivitäten	Status
fortgeschrittene, störfeste Wellenform-Technologien	Studien/Bewertungen militärischer Wellenformen	Technologiekonzepte
	gegenwärtiges und zukünftiges störfestes Nutzergerät	Technologieentwicklung und -übergabe
Anwendung von Ortsbestimmungstechnologien auf alle Systeme des Verteidigungsministeriums	fortgeschrittene GPS-Trägheitsnavigations-Technologie (Probeaufbau 2002)	Entwicklungsprogramm
	gemeinsames Flugzeug-Präzisionslandesystem	Entwicklungsprogramm
	Weltraum-Atomuhren neuer Technologie	Technologiekonzept

Tabelle 16

Umweltmonitoring

Kategorie	Projekt	Status
verbesserte Charakterisierung der Atmosphäre	**WindSat** – Messen von Windgeschwindigkeit und -richtung an der Ozeanoberfläche – Risikoverminderung für NPOESS/CMIS	Experiment
	Communication/Navigation Outage Forecasting System (C/NOFS): – äquatorial umlaufende Satelliten zur Warnung vor Ausfällen von GPS und Satellitenkommunikation	Technologiedemonstration fortgeschrittenen Konzepts
	(zusätzliche Projekte mit Sensoren auf Weltraumfahrzeugen im Einsatz oder Experiment zur Charakterisierung der oberen Atmosphäre)	Entwicklung
verbesserte Charakterisierung des Ozeans	**Geodetic/Geophysical Satellite (GEOSAT) Follow-On (GFO)-Satellit** – Steigerungen für Ozean-Wellenhöhe und topographische Messungen	Kalibration/Bestätigung vor Einsatz
	Radar-Höhenmessung – Charakterisierung der ozeanographischen thermohalinen und geostrophischen Oberflächenstruktur	Entwicklung
	zusätzliche Projekte zur Charakterisierung der Ozeanoberfläche	Entwicklung
verbesserte Charakterisierung des Weltraums	**Compact Environmental Anomaly Sensor II (CEASE II)** – kleines, stromsparendes Instrument zur Verringerung der Anomalie-Auflösungszeit und Erhöhung der Lagekenntnis	Technologiedemonstration fortgeschrittenen Konzepts
	Advanced Solar Telescope (AST) – zur Überwachung der Sonnenstörungen	vorgeschlagenes Projekt
	Solar Mass Ejection Imager (SMEI) and space-based coronographs – im Voraus vor Korona-Massenauswürfen (coronal mass ejections CMEs) warnen und die Ausbreitung Sonne-Erde verfolgen	Experimententwicklung
fortgeschrittene Umweltüberwachungssysteme	**National Polar-orbiting Operational Environmental Satellite System (NPOESS)** – passive Mikrowelleninstrumente für globale Ozean- und Atmosphärendaten, vielfache Primärsensoren	Konstruktionsentwicklung
	Kleinsatellitenkonzepte – Sensoren für globale Umweltdaten und Weltraumwetter – Datenerfassung mittels STRV-2c/d	Konzepte
	Naval EarthMap Observer (NEMO) – großflächige HSI sammeln für Marine- und zivile Nutzer	Prototypentwicklung
	Indian Ocean METOC Imager (IOMI) – hyperspektrale atmosphärische Charakterisierung vom GEO aus demonstrieren, mit Hochleistungsverarbeitung an Bord und Datenkompression	Entwicklung

Tabelle 17

Gewaltanwendung/Waffensysteme

Feststoffraketen-Technologien – fortgeschrittene und verstärkte Feststoffraketen-Technologien – fortgeschrittene Wiedereintrittskörper – integrierte Ortsbestimmungs-Lenksysteme **fortgeschrittene AMTI/GMTI für Schlachtfeld-Angriffsoperationen** – Anwendungen von Weltraumbildern auf offensive Zielerfassung **Unterstützung in der Umlaufbahn** – wieder verwendbare Startfahrzeuge (z. B. SOV) – Dienste in der Umlaufbahn (z. B. SMV)	robuste, stark gekoppelte GPS/INS-Systeme für die Nutzung mit Startsystemen Feststoffraketen-Technologien der nächsten Generation: – kleinere/leichtere/billigere GPS/INS-Systeme – billige Treibstoffe, Gehäuse, Ausfütterungen, Düsen fortgeschrittene Präzisionsnavigationsinstrumente, Kegelspitzen, Vorderkanten, Wärmeschutzsysteme, intelligente Zünderpakete und Hochgeschwindigkeitsgeschosse Ausreifen von: – Aktualisierungen von Weltraumnetz-Schablonen (Space Web template updates) – SBL und Relaisspiegelsystem für volle Leistung – mobiles GPS/INS-basiertes System zur Abstandsverfolgung und Zerstörung auf Befehl – Entwürfe für fortgeschrittenes Fahrzeug für Präzisionsschläge – erneuter GPS-Empfang nach Blockade durch Wiedereintrittsplasma – GPS/INS-System der strategischen Klasse für vielfache Einsätze Bewertung der Nützlichkeit von Weltraumsensor-Bildgebung, GMTI und DTED für Schlachtfeld-Angriffsoperationen Nachschub für weltraumbasierte Objekte Lagerung von Verbrauchsmaterialien	**Einfluss von Feststoffraketen auf den Weltraumtransport** – Feststoffraketen-Technologien – Treibstoffe mit niedrigen Kosten/Gefahren – Steuersysteme für die Nachantriebsphase **potenzielle offensive/defensive Systeme** – SBL-Demonstrationen – Relaisspiegelsystem für volle Leistung – Unterstützung für Präzisionsziele – KE-Systeme

4. Kategorien eines Rüstungskontroll-Abkommens für den Weltraum

Um das Feld möglicher Optionen für die Rüstungskontrolle im Weltraum zu strukturieren, sind im Folgenden einige mögliche Kategorien aufgelistet. Die Vielfalt der Begriffe und Kombinationsmöglichkeiten zeigt die Komplexität der Aufgabe, die noch dadurch erschwert wird, dass einige zentrale Begriffe nicht hinreichend geklärt sind. Wo beginnt der Weltraum? Wann ist die Weltraumnutzung friedlich? Was ist eine Weltraumwaffe? Bei der Aushandlung eines konkreten Abkommens wird das Optionsfeld schrittweise reduziert und Unklarheiten so weit beseitigt, bis alle Vertragspartner einen im Sinne ihrer Interessen akzeptablen Kompromiss gefunden haben (Scheffran 2002, S. 55 f.).

1. Arten von Weltraumsystemen

– zivile Satelliten

– militärische Satelliten

– bemannte Raumschiffe und Raumstationen

– ballistische Raketen, Weltraumraketen, Gefechtsköpfe

– Anti-Satelliten-Waffen (ASAT)

– Raketen-Abwehr-Systeme (NMD, TMD)

– Strahlenwaffen

– Fractional/Multiple Orbital Bombardment System (FOBS/MOBS)

– Waffen für andere Zwecke (Flugabwehr, Bekämpfung von Bodenzielen)

2. Wirkungsmechanismus

– Angriff auf Bodenstationen

– elektronische Störung

– Blendung oder Täuschung von Sensoren

– Demontage

– Bahnänderung

– Einwirkung chemischer oder radioaktiver Substanzen

– chemische Explosion

– Nuklearexplosion

– Kollision mit vielen kleinen Partikeln

– Kollision mit einzelnen Großprojektilen und Lenkflugkörpern

– Einwirkung von Laser-, Teilchen- und Mikrowellenstrahlung

3. Ausgangs- und Zielbereich einer Waffe

- freier Weltraum
- Mond und andere Himmelskörper
- außerhalb der geostationären Bahn
- Umlaufbahn um die Erde
- Luftraum
- Boden (Land, See)

4. Art der Flugbahn

- ballistische Bahn
- niedrige Umlaufbahn (Low Earth Orbit, LEO)
- mittlere Umlaufbahn (MEO)
- Polarbahn
- Molniya-Bahn (hoch elliptisch)
- geosynchrone Umlaufbahn (GEO)

5. Einsatzmodus

- offensiv/defensiv
- aktiv/passiv
- direkt/indirekt

6. Bewertung von Aktivitäten

- friedlich
- militärisch
- aggressiv
- Anwendung von Gewalt
- stabilisierend/destabilisierend

7. Entwicklungsstufe

- Forschung
- Entwicklung
- Test
- Produktion
- Stationierung
- Besitz
- Einsatz
- Lagerung
- Beseitigung (Abbau, Zerstörung bestehender Systeme)

8. Zeitpunkt/Dauer

- früherer/gegenwärtiger/zukünftiger Stand
- unbegrenzte/befristete/bedingte Vertragsdauer

9. Zahl der erlaubten oder verbotenen Systeme

10. Unterstützungsmaßnahmen

- passiver Schutz von Satelliten
- aktive Gegenmaßnahmen
- Verkehrsregeln (rules of the road)
- Internationalisierung und Kooperation in der Raumfahrt

11. Mittel und Verfahren der Verifikation

- nationale technische Mittel
- internationale Überwachung
- Ortsinspektionen
- Ankündigung von Aktivitäten
- ständige beratende Kommission

12. Art der Abmachung

- einseitige Erklärung
- wechselseitige Deklaration, solange sich alle Seiten daran halten
- Zusatz zu existierendem Vertrag (START, ABM-Vertrag, Weltraumvertrag)
- bilateraler russisch-amerikanischer Vertrag
- multilateraler Vertrag der Raumfahrtnationen
- multilateraler Vertrag in der UNO zur Unterzeichnung durch alle Staaten

5. Schutz- und Gegenmaßnahmen für Satellitensysteme

Da Weltraumflugkörper einer Vielzahl potenzieller Gefährdungen ausgesetzt sind, kann das dadurch gegebene Risiko in gewissem Umfang durch einseitige Schutzmaßnahmen für Satelliten und Gegenmaßnahmen im Falle eines Angriffs reduziert werden, die vor allem der Schadensbegrenzung dienen. Das Ziel dieser Maßnahmen ist es, die Verletzlichkeit eines Satellitensystems mit den drei Komponenten Bodenstation, Kommunikationsverbindung und Weltraumsegment gegenüber internen und externen Störungen sowie ASAT-Waffen zu verringern und die Überlebensfähigkeit zu erhöhen. Entsprechend der Gefährdung der drei Komponenten eines Satellitensystems (Bodenstation, Kommunikationsverbindung, Weltraumsegment) verteilen sich die möglichen Maßnahmen zur Erhöhung der Überlebensfähigkeit auch auf diese drei Bereiche. Die genannten Maßnahmen haben gemeinsam, dass die Auswirkungen eines Angriffs begrenzt werden können, aber auch die Kosten steigen und die normale Funktionsfähigkeit des Satelliten beeinträchtigt wird. Einige Maßnahmen (wie Verschlüsselung) können die Verifikation von Abkommen erschweren. Den offensiven Maßnahmen wohnt selbst eine gewisse ASAT-Fähigkeit inne. Gegenüber begrenzten ASAT-Kapazitäten kann durch eine Kombination von Schutz- und Gegenmaßnahmen sowie Verkehrsregeln das Risiko für Satelliten reduziert werden. Ein vollständiger Schutz gegen fortgeschrittene ASAT-Waffen und einen zu allem entschlossenen Angreifer ist damit kaum zu erreichen (Scheffran 2002, S. 64 f.).

1. Bodenstationen

- Abschirmung von Antennen, Radars und anderen Kommunikationseinrichtungen gegen physikalische Auswirkungen von Explosionen oder Bestrahlung
- Schutz elektronischer Komponenten vor dem Elektromagnetischen Impuls (EMP) (Faseroptik)
- Verlagerung der Stationen in weniger zugängliche und leicht kontrollierbare Gebiete
- Dezentralisierung/Redundanz (Verteilung von Funktionen auf mehrere Stationen)
- mobile Stationen
- Tarnung

2. Verbindung Boden-Satellit

- Verwendung störsicherer, extrem hoher Frequenzen (Extremely High Frequency, EHF)
- präzise Ausrichtung und Bündelung des zu übertragenden Signals
- Verwendung mehrerer Frequenzbereiche und automatisches Wechseln zwischen diesen („frequency hopping“)
- Verschlüsselung von Signalen

3. Weltraumkomponente

- passiv:

  Härtung gegen Kollision oder Explosion durch massive Panzerung

  Abschirmung gegen nukleare Effekte (EMP)

  Härtung gegen Laserstrahlung (Kühlung, Panzerung, Verspiegelung)

  Schutz von Sensoren vor Laserstrahlung (rascher Verschluss)
- aktiv:

  Täuschung angreifender Raumflugkörper

  Ausweichen durch Manövrieren

  Reservesatelliten

  Fähigkeit zum raschen Ersatz

  Verteilung wichtiger Satellitenfunktionen (Proliferation, Redundanz)

  „Verstecken“ von Satelliten im Weltraum (Tarnung, Attrappen)
- offensiv:

  elektronische Gegenmaßnahmen („electronic countermeasures“) zur Störung der ASAT-Funktion (Sensoren, Kommunikation)

  präemptiver Gegenangriff („shoot-back“)

  Vergeltung eines Angriffs mit eigener ASAT-Kapazität

  Vergeltung eines Angriffs mit anderen Waffen

6. Risiko und Verifikation für verschiedene ASAT-Typen in Stichworten

Im Folgenden werden die Verifikationsmöglichkeiten für verschiedene ASAT-Typen zusammenfassend eingeschätzt (Scheffran 2002, S. 140).

1. Manövrierbare Weltraumobjekte

- ASAT-Fähigkeit normaler Weltraumobjekte ist nicht völlig auszuschließen;
- Einsatz und Modifizierung für ASAT-Mission sind verifizierbar;
- Rest-Risiko ist gering und durch Gegenmaßnahmen (Manövrieren) begrenzbar.

2. Raumminen

- Versuche zur Entwicklung eines speziellen Zerstörungsmechanismus sind durch Bahnverfolgungssysteme nachweisbar;
- Entdeckung versteckter Raumminen ist schwierig, aber möglich;
- Mikrosatelliten wären Problem, sind aber potenziell detektierbar und erfordern Tests;
- Weltrauminspektion ermöglicht Identifizierung;
- Testverbot, Schutzmaßnahmen (Ausweichen) und Verkehrsregeln (Minimalabstand) verhindern effektive Raumminen.

3. Nuklearwaffen

- ASAT-Fähigkeit ist nicht zu verhindern, solange Nuklearraketen existieren;
- ASAT-Einsatz von Nuklearwaffen ist nur bei umfassendem Atomkrieg wahrscheinlich;
- Einsatz und Test sind einfach nachweisbar;
- Schutz durch Härtung der Satelliten ist nur begrenzt möglich;
- Atomwaffen sind ohne eine Bündelung der Nuklearstrahlung keine glaubwürdige ASAT-Bedrohung.

4. Bodengestützte nicht nukleare Raketen

- Versuche auf beiden Seiten ergaben kein effektives ASAT-System;
- Frühere sowjetische Abfangkapazität war nach Einsatzhöhe, Bahnneigung, Erfolgsrate, Zuverlässigkeit, Einsatzdauer begrenzt;
- Einsatz und Test sind mit ausreichender Vorwarnzeit zu verifizieren (Telemetrieempfang, Bahnverfolgung);
- Rest-Risiko kann durch Gegenmaßnahmen (Ausweichen, Täuschung) und kontrollierten Abbau stark reduziert werden.

5. Luftgestützte nicht nukleare Raketen

- Wirksames und technisch anspruchsvolles ASAT-Verfahren für niedrige Höhen;

– Versuche sind durch Beobachtung verschiedener Einzelfaktoren (Telemetrieempfang, Entdeckung der Bruchstücke) feststellbar;

– Stationierung oder Abbau des einsatzbereiten Systems sind schwierig nachzuweisen wegen Doppelfunktion und geringer Größe der ASAT-Komponenten;

– Gegenmaßnahmen sind schwierig (Täuschung der ASAT-Sensoren); Risiko kann nur durch rechtzeitigen Stopp begrenzt werden.

6. Strahlenwaffen

– Waffen mit gerichteter Energie ermöglichen Zerstörung von Satelliten über große Entfernungen in minimaler Zeit;

– Wegen technischer Anforderungen (Energie, Zielausrichtung) existiert bislang keine wirksame ASAT-Fähigkeit;

– Strahlenwaffen hoher Leistung können wegen ihrer Größe leicht entdeckt werden (Aufklärungssatelliten);

– Wechselwirkung mit dem Zielobjekt (Rückstrahlung, Erwärmung) ist durch Sensoren zu beobachten;

– Gegenmaßnahmen (Härtung) möglich;

– Test- und Stationierungsverbot ist überprüfbar und notwendig, um Risiko für Satelliten gering zu halten.

7. ASAT und Raketenabwehr

– Raketenabwehr besitzt ASAT-Fähigkeit; ASAT-Waffen bedrohen ABM-Satelliten;

– ASAT-Verbot ist wenig effektiv bei Entwicklung einer Raketenabwehr im Weltraum.

7. Der Göttinger Vertragsentwurf (1984) – zentrale Prinzipien und Elemente

Ausgehend von der Diskussion der beiden ersten Vertragsvorschläge wurde auf einem Göttinger Naturwissenschaftler-Kongress gegen Weltraumwaffen im Juli 1984 (unter Mitwirkung des Autors) ein „Vertragsentwurf zur Begrenzung der militärischen Nutzung des Weltraums“ vorgestellt, der modellhaft zeigen soll, wie mit völkerrechtlichen Mitteln der Weltraumrüstung Einhalt geboten werden kann, wenn der politische Wille vorhanden ist. Im November 2000 wurde von Jürgen Scheffran anlässlich eines Workshops in Göttingen eine neu kommentierte Version erstellt. Die bei der Formulierung des Vertragstextes maßgeblichen Ziele, Prinzipien und Elemente werden beispielhaft erläutert (Scheffran 2002).

Ziele und Prinzipien

1. Alle Kanäle für ein Wettrüsten im Weltraum sollen geschlossen werden.
2. Destabilisierende Entwicklungen sollen verhindert werden, der Weltraum muss frei von Waffen bleiben.
3. Stabilisierende Funktionen und friedliche Nutzung von Weltraumsystemen dürfen nicht behindert werden.
4. Entsprechend der Dringlichkeit der Bestimmungen soll der Vertrag stufenweise gegliedert sein.
5. Der Vertragsentwurf soll allen Vertragsparteien Vorteile bringen und politisch durchsetzbar sein.
6. Um den Vertragstext öffentlich transparent zu machen und Missverständnisse zu vermeiden, werden zu den einzelnen Abschnitten Erläuterungen geliefert.
7. Die Bestimmungen sollen adäquat verifizierbar sein.
8. Kooperation und Vertrauensbildung sollen betont und gefördert werden.
9. Der Vertragsentwurf muss entsprechend der Internationalität der Raumfahrt multilateral sein.
10. Die Kontinuität zu bestehenden Verträgen soll hergestellt werden.

Vertragselemente

1. Präambel
2. Verbot von Anti-Satelliten-Waffen (Artikel 1–5)
3. Verbot weltraumgestützter Waffen (Artikel 6–8)
4. Verbot direkter Lenkung von Nuklearwaffen (Artikel 9–11)
5. Verbot der Umgehung (Artikel 12, 13)
6. Vertragsvorrang (Artikel 14, 15)
7. Verifizierung (Artikel 16–19)
8. Ständige Beratende Kommission (SBK) (Artikel 20–22)
9. Schlussbestimmungen (Artikel 23–28)
10. Begriffsbestimmungen

Die Präambel ist ein wichtiger Bestandteil des Vertrages, weil hier allgemeine Ziele und Prinzipien festgelegt werden und der Bezug zu früheren Resolutionen und Verträgen hergestellt wird. Der wesentliche Kern des Vertrages sind die Verbotsteile 2. bis 4., in denen die Weltraumrüstung eingeschränkt werden soll. Von zentraler Bedeutung ist ein Verbot von Antisatelliten-Waffen, weil diese bisher durch keinen Vertrag erfasst sind und hier die technische Entwicklung an einer kritischen Schwelle steht. Das Einsatzverbot in Artikel 1 gebietet, „keine Weltraumobjekte anderer Staaten zu zerstören, zu beschädigen, ihre Funktion zu stören oder ihre Flugbahn zu ändern.“ Damit ist aber noch nicht verhindert, dass ASAT-Waffen hergestellt und im Ernstfall auch eingesetzt werden können. Daher ist es notwendig, auch die Stufen vor dem Einsatz zu verbieten. Dies geschieht mit Artikel 2, der gebietet, „keine Waffen oder Waffensysteme, die diesem Zweck dienen, zu entwickeln und zu testen oder im Weltraum, Luftraum oder auf der Erde zu stationieren“.

Dabei ist das Testverbot die zentrale Forderung, weil fortgeschrittene ASAT-Systeme das Teststadium noch nicht verlassen haben und sich Tests in der Regel leicht überprüfen lassen. Ein Missbrauch normaler Weltraumsysteme in einer ASAT-Mission wird in Artikel 3 explizit verboten, was durch einen mit Artikel 4 festgelegten Sicherheitsabstand zwischen den wichtigsten Weltraumobjekten zusätzlich gesichert werden soll. Artikel 5 schließlich verpflichtet zur Vernichtung bereits bestehender ASAT-Systeme.

Durch die bisherigen Artikel sind Weltraumobjekte generell geschützt, unabhängig vom Grad der Bedrohung, der von diesen selbst ausgehen kann. Sollte eine Seite Raketenabwehrwaffen im Weltraum aufbauen, werden potenzielle Gegner kaum auf die Möglichkeit verzichten wollen, diese zu bekämpfen. Zudem könnten solche Weltraumwaffen sehr leicht auch Satelliten zerstören. Daher ist es wichtig, auch weltraumgestützte Waffen zu verbieten, „die gegen Ziele im Weltraum, im Luftraum oder auf der Erde gerichtet sind“ (Artikel 6). Ergänzt wird dies wieder durch ein Verbot von Entwicklung, Test und Stationierung (Artikel 7) und die Verpflichtung, „keine Waffen auf bemannten Raumschiffen mitzuführen“ (Artikel 8). Letzteres ist wichtig, um eine Waffenentwicklung auf Raumfähren oder Raumstationen zu verhindern.

Schließlich können auch im Weltraum stationierte Satelliten Teil eines umfassenderen Waffensystems sein, ohne selbst einen Zerstörungsmechanismus zu besitzen. Um stabilisierende Funktionen von Satelliten nicht einzuschränken, wurde auf ihre Begrenzung weitgehend verzichtet, auch wenn sie für destabilisierende Zwecke eingesetzt werden können, mit einer Ausnahme. Um eine wachsende Zielgenauigkeit von Atomraketen zu verhindern und die mögliche Nutzung von Weltraumsystemen zur direkten Lenkung von Nuklearwaffen zu verhindern (Artikel 9) bzw. einzuschränken, werden in Artikel 10 spezifische Begrenzungen in der Leistungsfähigkeit solcher Lenk- und Navigations-Systeme vorgeschlagen, damit sie für einen derartigen Einsatz nicht geeignet sind. Wenn dazu die Beschränkung von bereits im Aufbau befindlichen Navigations-Systemen als notwendig angesehen wird, die zur präzisen Lenkung von Atomraketen geeignet sind, können die Vertragsparteien nach Artikel 10 die Zahl und Übertragungsrate entsprechender Satelliten gegenseitig begrenzen. Konkrete Festlegungen sollten Gegenstand von Verhandlungen sein und dem jeweiligen technischen Stand angepasst werden. Zwar mag dieser Paragraph durch die Entwicklung seit 1984 weitgehend überholt erscheinen, insbesondere durch die wachsende Verbreitung hoch präziser Navigationssysteme wie GPS. Dass jedoch die Risiken durch die Verwendung von Positionsdaten in der Lenkung von Flugkörpern relevant bleiben, zeigt sich schon an den immer wieder geäußerten Befürchtungen, der Irak oder andere „Schurkenstaaten“ könnten dadurch ihre Raketen so präzise machen, dass sie wichtige militärische Ziele in Nachbarländern sicher zerstören können (was im Golfkrieg an der mangelnden Zielgenauigkeit der Raketen scheiterte). Um eine Begrenzung zu erzielen, wäre es möglich, die Übertragungsrate der ausgesandten Signale und die Zahl der aktiven Satelliten so zu reduzieren, dass sie für die präzise Raketenlenkung weniger geeignet sind. Dies wurde von den USA bis vor einigen Jahren sogar in gewissem Umfang praktiziert, auch wenn die verschlechterte Genauigkeit für viele Zwecke immer noch hinreichend ist. Eine bessere Lösung wäre es, Tests von Nuklearraketen generell zu beschränken oder gar zu verbieten, sodass keine Verbesserung der Zielgenauigkeit mehr möglich ist.

Mit Artikel 11 soll schließlich sichergestellt werden, dass keine bemannten militärischen Kommandozentralen im Weltraum errichtet werden. Neben diesen Verbotsteilen besteht der Vertragsentwurf aus weiteren Zusatzbestimmungen, die die Einhaltung der Verbotsregelungen sowie die formale Umsetzung absichern sollen. Das Verbot der Umgehung in Artikel 12 und 13 untersagt, den Vertrag mithilfe anderer Staaten oder Organisationen zu umgehen. Durch den Vertragsvorrang in Artikel 14 und 15 wird gewährleistet, dass andere internationale Verpflichtungen dem Vertrag nicht entgegenstehen und dass alle verfassungsmäßigen Mittel zur Verhinderung von Vertragsverletzungen ergriffen werden (z. B. gegen Privatgesellschaften, die Verstöße ausüben). Die Verifizierung des Vertrags soll durch Nationale Technische Mittel erfolgen (Artikel 16), kann aber auch auf internationale Organisationen ganz oder teilweise übertragen werden (Artikel 17). Die Mittel der Verifikation sind durch Artikel 18 und 19 vor Störungen oder absichtlichen Verheimlichungsmaßnahmen geschützt. Zweifelsfälle oder Verdachtsmomente bei unklaren Aktivitäten sollen in der Ständigen Beratenden Kommission (SBK) diskutiert und aufgeklärt werden (Artikel 20 bis 22). Die Schlussbestimmungen schließlich regeln die Form des In-Kraft-Tretens, die Möglichkeit der langfristigen Änderung, die unbegrenzte Gültigkeitsdauer, das Rücktrittsrecht bei Gefährdung der höchsten Interessen eines Landes und geben einige Definitionen wichtiger Begriffe.

8. Abkürzungsverzeichnis

ABL	Airborne Laser
ABM	Anti-Ballistic-Missile
ACP	Airborne Command Post
AFRL	Air Force Research Laboratory
AFSCN	Air Force Satellite Control Network
AGIL	All Gas Phase Iodine Laser
ALERT	Attack and Launch Early Reporting to Theater
ALSD	Advanced Laser Sensor Development
AMTI	Airborne Moving Target Indication
AOV	Aerospace Operations Vehicle
ASAT	Anti-Satellite
AST	Advanced Solar Telescope
ASTRO	Autonomous Space Transporter and Robotic Orbiter
ATBM	Anti-Tactical Ballistic Missile
ATM	Asynchronous Transfer Mode
ATOS	Arcjet-Triebwerk auf OSCAR-Satelliten
AVATAR	Aerobic Vehicle for Advanced Trans-Atmospheric Research
BIRD	Bispectral Infra-Red Detection
BMBF	Bundesministerium für Bildung und Forschung
BMC^3	Battle Management, Command, Control and Communications
BMD	Ballistic Missile Defense
BMDO	Ballistic Missile Defense Organization
BMR	Ballistic Missile Replacement
BMWi	Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie
BP	Brilliant Pebbles
BPI	Boost-Phase Intercept
Bw	Bundeswehr
C^4I	Command, Control, Communication, Computers and Information
C/NOFS	Communication/Navigation Outage Forecasting System
CACC	Configurable Aerospace Command Center
CAV	Common Aero Vehicle
CBO	Congressional Budget Office
CD	Conference on Disarmament
CEASE	Compact Environmental Anomaly Sensor
CEE	Collaborative Engineering Environment
CIA	Central Intelligence Agency
CMIS	Conical Microwave Imaging Sounder
COIL	Chemical Oxygen-Iodine Laser
COMINT	Communications Intelligence
COPUOS	Commission for the Peaceful Use of Outer Space
COTS	Commercial Off-The-Shelf
CRS	Congressional Research Service
CRV	Crew-Return Vehicle

CTBT	Comprehensive Nuclear Test Ban Treaty
CZ	Chang Zheng/Langer Marsch
DAB	Defense Acquisition Board
DARPA	Defense Advanced Research Projects Agency
DARS	Digital Audio Radio System
DEW	Directed Energy Weapons
DGPS	Differential GPS
DIA	Defense Intelligence Agency
DISN	Defense Integrated Switching Network
DLR	Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V.
DMSP	Defense Meteorological Satellite Program
DoD	Department of Defense (USA)
DSCS	Defense Satellite Communication System
DSP	Defense Support Program
DTED	Digital Terrain Elevation Data
DTH	Direct-To-Home
E2S	Earth-to-Space
EAC	European Astronaut Centre
EADS	European Aeronautic Defense und Space Company
EC-COIL	Electrochemical Oxygen-Iodine Laser
EELV	Evolved Expandable Launch Vehicle
EGNOS	European Geostationary Navigation Overlay Service
EKV	Exo-atmospheric Kill Vehicle
ELINT	Electronic Intelligence
EloGM	Elektronische Gegenmaßnahmen
EloKa	Elektronische Kampfführung
EloSM	Elektronische Schutzmaßnahmen
EMP	Elektromagnetic Pulse
ENMOD	Convention on the Prohibition of Military or Any Other Hostile Use of Environmental Modification Techniques
EO	Electro-optic
EORSAT	Electronic Ocean Reconnaissance Satellite
ERIS	Exoatmospheric Reentry Vehicle
EROS	Earth-Resources Observation Satellite
ERS	European Remote Sensing
ESA	European Space Agency
ESOC	European Space Operations Centre
EU	Europäische Union
EUV	Extremes Ultraviolett
Excimerlaser	Excited-Dimer Laser
F&E	Forschung und Entwicklung
FAS	Federation of American Scientists
FEEP	Field-Emission Electric Propulsion
FEL	Free-Electron Laser
FLTSAT	Fleet Satellite Communications

Fm/Elo	Fernmelde-/Elektronische Aufklärung
FOBS	Fractional Orbiting Bombardment Systems
FONAS	Forschungsverbund Naturwissenschaften, Abrüstung, internationale Sicherheit
FSS	Fixed Satellite Service
FY	Fiscal Year
GAO	General Accounting Office
GBI	Ground Based Interceptor
GEO	Geosynchronous/stationary Earth Orbit
GEODSS	Ground-Based Electro-Optical Deep Space Surveillance
GEOSAT	Geodetic/Geophysical Satellite
GESVP	Gemeinsame Europäische Sicherheits- und Verteidigungspolitik
GFO	GEOSAT Follow-On Satellite
GIS	Geographic Information Service
GLINT	Geo Light Imaging National Testbed
GLONASS	Global Navigation Satellite System
GMD	Ground-Based Midcourse Missile Defense
GMTI	Ground Moving Target Indication
GNSS	Global Navigation Satellite System
GPALS	Global Protection Against Limited Strikes
GPS	Global Positioning System
GSLV	Geosynchronous Satellite Launch Vehicle
GSO	Geosynchronous Orbit
GSTS	Ground-Based Surveillance and Tracking System
GTO	Geostationary Transfer Orbit
GUS	Gemeinschaft Unabhängiger Staaten
GVAT	Global Awareness Virtual Testbed
HEO	Highly-Elliptical Earth Orbit
HLM	Hochleistungs-Mikrowellen
HOPE	H-II Orbiting Plane
HOPE X	H-II Orbiting Plane – Experimental
HOTOL	Horizontal Take-Off and Landing
HPM	High-Power Microwaves
HSFK	Hessische Stiftung Friedens- und Konfliktforschung
HSI	Hyperspectral Imaging
IABG	Industrieanlagen-Betriebsgesellschaft mbH
IADC	Inter-Agency Space Debris Coordination Committee
IANUS	Interdisziplinäre Arbeitsgruppe Naturwissenschaft, Technik und Sicherheit
ICBM	Intercontinental Ballistic Missile
ICO	Intermediate Circular Orbit
IDASS	Intelligence Data Analysis for Satellite Systems
IFHV	Institut für Friedenssicherungsrecht und Humanitäres Völkerrecht
IFICS	In-Flight Interceptor Communications System
IFSH	Institut für Friedensforschung und Sicherheitspolitik an der Universität Hamburg
IFT	Integrated Flight Test
IFX	Integrated Flight Experiment

IHPRPT	Integrated High Payoff Rocket Propulsion Technology
ILWR	Institut für Luft- und Weltraumrecht
INESAP	International Network of Engineers and Scientists Against Proliferation
In-FEEP	Indium Field-Emission Electric Propulsion
InfoOps	Informationsoperationen
INS	Inertial Navigation System
IOC	Initial Operational Capability
IOMI	Indian Ocean METOC Imager
IONDS	Integrated Operational Nuclear Detection System
IR	Infrarot
IRBM	Intermediate-Range Ballistic Missile
IRDT	Inflatable Re-entry and Descent Technology
IRIS	Italian Research Interim Stage
ISMA	International Satellite Monitoring Agency
ISR	Intelligence, Surveillance and Reconnaissance
ISS	International Space Station
ITU	International Telecommunication Union
JATO	Joint Aerospace Tasking Order
JBI	Joint Battlespace Infosphere
JDAM	Joint Direct Attack Munition
JPO	Joint Program Office (of BMDO)
JSIS	Joint Compliance and Inspection Commission
JSTARS	Joint Surveillance & Target Attack Radar System
JTAG	Joint Tactical Ground Stations
JTT	Joint Targeting Toolbox
KE	Kinetic-Energy/Kinetische-Energie
KE-ASAT	Kinetic Energy Anti-Satellite
KH	Keyhole
KKV	Kinetic Kill Vehicle
KOMPSAT	Korea Multi-Purpose Satellite
KW	Kinetic Warhead
LAMP	Large Advanced Mirror Program
Laser	Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation
LEO	Low Earth Orbit
LOS	Large Optical Segment
LRI	Luft- und Raumfahrtindustrie
LV	Luftverteidigung
MCCAT	Multi-Sensory C2 Advanced Technologies
MD	Missile Defense
MDA	Missile Defense Agency
MEMS	Microelectromechanical System
MEMtronics	Microelectromechanical Electronics
MEO	Medium Earth Orbit
METOC	Meteorology and Oceanography
MHV	Miniature Homing Vehicle

MIRACL	Mid-Infrared Advanced Chemical Laser
MIRV	Multiple Independently Targetable Reentry Vehicle
MIS	Modular Insertion Stage
MOBS	Multiple-Orbital Bombardment System
MRBM	Medium-Range Ballistic Missile
MRV	Multiple Re-entry Vehicle
MSI	Multispectral Imagery
MSP	Military Spaceplane
MSS	Mobile Satellite Service
MSSS	Maui Space Surveillance Site
MSTRS	Miniature Satellite Threat Reporting System
MSX	Midcourse Space Experiment
MTCR	Missile Technology Control Regime
MTI	Moving-Target Indication
MTI	Multispectral Thermal Imager
MV	Mondvertrag
MVW	Massenvernichtungswaffen
NASA	National Aeronautics and Space Administration
NASDA	National Space Development Agency of Japan
NATO	North Atlantic Treaty Organization
NAVSTAR	Navigation Satellite Timing and Ranging
NCC	Network Control Center
Nd:YAG-Laser	Neodym-dotierter Yttrium-Aluminium-Granat-Laser
NDS	Nuclear-Detonation Detection System
NEMP	Nuclear Electromagnetic Pulse
NGO	Non Governmental Organization
NEMO	Naval Earth Map Observer
NIE	National Intelligence Estimate
NMD	National Missile Defense
NORAD	North American Air Defense Command
NOSS	Navy Ocean-Surveillance Satellite
NPOESS	National Polar-orbiting Operational Environmental Satellite System
NPB	Neutral Particle Beam
NPR	Nuclear Posture Review
NPT	Nuclear Non-Proliferation Treaty
NSS	National Security Strategy
NTM	National Technical Means
NTW	Navy Theater Wide
OE	Orbital Express
OISL	Optical Intersatellite Links
OPO	optisch-parametrischer Oszillator
PAC	Patriot Advanced Capability
PAROS	Prevention of an Arms Race in Outer Space
PEO	Polar Earth Orbit
PLNS	Pre- and Post-Launch Notification System

PTBT	Partial Test Ban Treaty
QDR	Quadrennial Defense Review
RAMOS	Russian-American Observation Satellite
RASCAL	Responsive Access, Small Cargo, Affordable Launch
RBCC	Rocket-Based Combined Cycle
RCE	(Dual-Thrust) Reaction Control Engine
RLV	Reusable Launch Vehicle
RORSAT	Radar Observation Reconnaissance Satellite
RSTA	Reconnaissance, Surveillance, Targeting
RTG	Radioisotope Thermoelectric Generator
RTS	Remote Tracking Station
S2E	Space-to-Earth
S2S	Space-to-Space
SALT	Strategic-Arms Limitation Talks
SAR	Synthetic-Aperture Radar
SATCOM	Satellite Communications/Satellitenkommunikation
SBAS	Satellite-Based Augmentation System
SBHRG	Space-Based Hypervelocity Railgun
SBIRS	Spaced Based Infrared System
SBL	Space-Based Laser
SBL-IFX	Space-Based Laser Integrated Flight Experiment
SBR	Space-Based Radar
SBX	Space-Based Interceptor Experiment
Scramjet	Supersonic-Combustion Ramjet
SCREMAR	Space Control with a Reusable Military Aircraft
SDI	Strategic Defense Initiative
SDIO	Strategic Defense Initiative Organization
SHAAFT	Supersonic/Hypersonic Attack Aircraft
SHMAC	Standoff Hypersonic Missile with Attack Capabilities
SIGINT	Signals Intelligence
SIPRI	Stockholm International Peace Research Institute
SLBM	Submarine-Launched Ballistic Missile
SLI	Space-Launch Initiative
SMD	Sea-Based Midcourse Defense
SMEI	Solar Mass Ejection Imager
SMP	Strategic Master Plan
SMS	Sea-based Midcourse System
SMTS	Space and Missile Tracking System
SMV	Space-Maneuver Vehicle
SOC	Satellite Operations Center
SOTV	Solar Orbit Transfer Vehicle
SOV	Space-Operations Vehicle
SPE	Solid Polymer Electrolyte
SPS	Solar-Power Satellite
SRBM	Short-Range Ballistic Missile

SSO	Sun-Synchronous Orbit
SSTO	Single-Stage-to-Orbit
START	Strategic Arms Reduction Treaty
STRV	Space Technology Research Vehicle
STW/AR	Space Threat Warning and Reporting
SYRACUSE	Système de Radiocommunication Utilisant un Satellite
TAB	Büro für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag
TAV	Transatmospheric Vehicle
TBM	Tactical Ballistic Missile
TBMD	Tactical Ballistic Missile Defense
THAAD	Theater High-Altitude Air Defense
TMD	Theater Missile Defense
TSS	Tethered Satellite System
TT&C	Telemetry, Tracking and Command
UAV	Unmanned Aerial Vehicle
UCS	Union of Concerned Scientists
UdSSR	Union der Sozialistischen Sowjetrepubliken
UEWR	Upgraded Early Warning Radar
UHF	Ultra-High Frequency
UK	United Kingdom
UNIDIR	United Nations Institute for Disarmament Research
UNSCOM	United Nations Special Commission
USA	United States of America
USAF	United States Air Force
USN	United States Navy
USSPACECOM	United States Space Command
USSTRATCOM	United States Strategic Command
UV	Ultraviolett
VASIMR	Variable-Specific-Impulse Magnetoplasma Rocket
VBM	Vertrauensbildende Maßnahmen
VSBM	Vertrauens- und Sicherheitsbildende Maßnahmen
VSAT	Very-Small-Aperture Terminal
WAN	Wide Area Network
WANIU	Wide-Area-Network Interface Unit
WEU	Westeuropäische Union
WRV	Weltraumvertrag
WTO	World Trade Organization
XBR	X-Band Radar



Gesamtherstellung: H. Heenemann GmbH & Co., Buch- und Offsetdruckerei, Bessemerstraße 83–91, 12103 Berlin
Vertrieb: Bundesanzeiger Verlagsgesellschaft mbH, Postfach 13 20, 53003 Bonn, Telefon (02 28) 3 82 08 40, Telefax (02 28) 3 82 08 44
ISSN 0722-8333